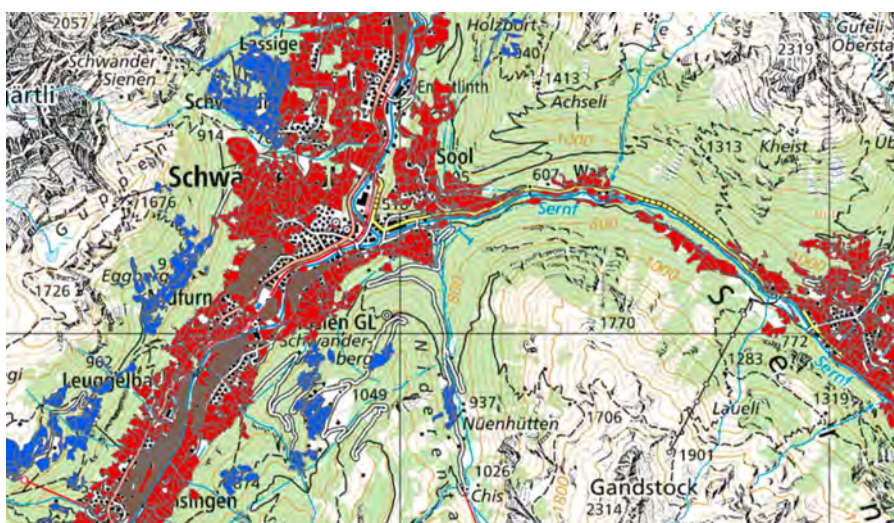


# KANTON GLARUS

## BODENKARTIERUNG

### Konzept zur Komplettierung der Bodenkarte in der Gemeinde Glarus Süd



zuhanden  
Kanton Glarus  
Volkswirtschaft und Inneres  
Abteilung Landwirtschaft  
8750 Glarus

myx GmbH  
Florastrasse 42  
8610 Uster



Bodenökologie  
Umweltberatung

T 043 399 03 80  
F 043 399 03 81  
info@myx.ch

Uster, 4. Oktober 2021

## Impressum

Projekt Nr.

2018

Projektleitung:

Martin Zürrer

Bearbeitung:

Martin Zürrer

Raphael Hürlimann

GIS:

Martina Vögtli

## Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG FÜR ENTSCHEIDUNGSTRÄGER	4
2	AUSGANGSLAGE, ANLASS	6
2.1	Stand der Bodeninformation in Glarus Süd	6
2.2	Bodenkartierung Schweiz	6
3	ZIEL	8
4	GRUNDLAGEN	9
4.1	Methodische Grundlagen	9
4.2	Berücksichtigte Daten, die für die Bodenkarte Glarus Süd relevant sein	9
5	PERIMETER; VORHANDENE BODENDATEN	10
5.1	Flächen und Bestand Bodendaten	10
5.1.1	Gebiete mit Priorität 1	10
5.1.2	Gebiete mit Priorität 2	10
5.2	Bestand Punktinformationen	10
5.3	Geologische Grundlagen	11
6	METHODISCHE GRUNDLAGEN	13
6.1	Überblick	13
6.2	Erhebung von Punkt-Informationen	14
6.3	Erhebung von Flächen-Informationen	14
6.4	Polygonabgrenzung	16
6.5	Analytik von Bodenproben	17
7	ZIEL DER BODENKARTIERUNG GLARUS SÜD	19
8	HANDLUNGSBEDARF, AUFGABEN	20
8.1	Integration der bestehenden Bodenkarte	20
8.2	Aufarbeitung und Sicherung der digitalen Verfügbarkeit von vorhandenen Punktdaten	20
8.3	flächendeckende Kartierung der Bodeneigenschaften	20
9	WICHTIGE UND KOSTENBESTIMMENDE FAKTOREN	21
9.1	Qualitätsanspruch	21
9.2	Fläche	21

Bodenkarte Kanton Glarus: Konzept zur Komplettierung in Glarus Süd	2
9.3 Geländegestalt	22
9.4 Massstab	22
9.5 Losgrössen; Länge der Losgrenzen (geographische Schnittstellen)	23
9.6 Profildichte	23
9.7 Laboranalysen	23
9.8 Projektorganisation, Qualitätssicherung (organisatorische Schnittstellen)	24
9.9 Kartierungsperiode	24
9.10 Vorhandene Bodeninformationen	25
9.11 Bewertung des Spielraums für Kosten-Einsparungen	25
10 METHODISCHER LÖSUNGSANSATZ	26
10.1 Methodische Optionen	26
10.2 Abwägung	28
10.2.1 Option 1: Kartierung gemäss FAL 24+	28
10.2.2 Option 2: Gliederung in Polygone; Aufnahme von mindestens 2 georeferenzierten Punkten pro Polygon, Definition eines Flächendatensatzes FAL 24+	28
10.2.3 Option 3: Geostatistische Modellierung (DSM)	28
10.2.4 Option 4: Kartierung eines minimalen Bodendatensatzes und Berechnung Bodenkenngrossen auf der Basis von bekannten von Bodenbildungsfaktoren	29
11 KONZEPT ZUR BODENKARTIERUNG GLARUS SÜD	31
11.1 Wahl und Begründung	31
11.2 Stufenweises Vorgehen	31
11.3 Technische Grundzüge	32
11.3.1 Überblick	32
11.3.2 Umfassende Auswertung verfügbarer Geodaten	32
11.3.3 Bodenprofile: 1 Bodenprofil alle 15 Hektaren	33
11.3.4 Flächendeckende Feldarbeit	33
11.3.5 Verkürzte Feldarbeit	34
11.4 Übergeordnete Vorbereitungsarbeiten	35
11.4.1 Breite Abstützung der Bodenkartierung	35
11.4.2 Bereinigung Perimeter	36
11.4.3 Recherche nach vorhandenen Boden- und Geoinformationen; Digitalisierung	38
11.4.4 Handbuch mit projektspezifischem Qualitätssicherungssystem	39
11.5 Erfragen von veränderten Flächen	40

Bodenkarte Kanton Glarus: Konzept zur Komplettierung in Glarus Süd	3
12 REALISIERUNG IN 3 PHASEN	42
12.1 Vorprojekt	42
12.1.1 Inhalt des Vorprojektes	42
12.1.2 Standortbestimmung, Vorgehensentscheid mit Kanton Glarus, KOBO, Bundesstellen	43
12.1.3 Plan B	43
12.2 Pilotprojekt	44
12.3 Kartierung	44
13 PROJEKTORGANISATION	45
14 KOSTENPROGNOSE / FINANZIERUNG	46
14.1 Übersicht	46
14.2 Mögliche Unterstützung durch Dritte	48
14.3 Zuverlässigkeit der Kostenschätzung	48
14.4 Optionen zur Kostenreduktion / Kostenelastizität	48
14.5 Finanzierung	49
15 ANHANG	

## 1 ZUSAMMENFASSUNG FÜR ENTSCHEIDUNGSTRÄGER

Der Kanton Glarus verfügt über eine Bodenkarte der Flächen, die aufgrund des Klimas und der Geländegestalt allenfalls als Fruchtfolgeflächen (FFF) hätten ausgewiesen werden können. Diese Datenbasis ist wertvoll, weist aber aufgrund des damaligen Fokus auf FFF geographische Lücken auf. Insbesondere in der Gemeinde Glarus Süd beschränken sich die Bodeninformationen aus jener Quelle auf 84 Hektaren.

Die Abteilung Landwirtschaft des Kantons Glarus würde z.B. zur Erarbeitung einer regionalen Landwirtschafts-Strategie oder für Landschaftsqualitätsprojekte usw. gerne auf ergänzende Bodendaten auch für die Gemeinde Glarus Süd zugreifen. Die üblicherweise hohen Kosten stellen eine Herausforderung dar - erst recht aufgrund des Geländes, das Mehrkosten gegenüber der bisherigen Bodenkartierung erwarten lässt.

Das Gebiet Glarus Süd mit einem grossen Anteil an Naturfutterbau ist sehr gut geeignet, um ggf. rationellere Methoden zur Bodenkartierung anzuwenden und einem Praxistest zu unterziehen. Aus Sicht des Kompetenzzentrums Boden (KOBO) könnte die Bodenkartierung in Glarus Süd ein Pilotprojekt für die Kartierung von Gebirgstälern (und ggf. Alpen) im Hinblick auf die Bodenkartierung Schweiz sein. Deshalb begrüsst das KOBO dieses Projekt grundsätzlich. Das vorliegende Konzept für die Bodenkartierung in der Gemeinde Glarus Süd beleuchtet die methodischen Optionen und skizziert eine Vorgehensvariante und ihre Kosten.

Mit dem vorgeschlagenen Vorgehenskonzept sollen die Vorteile der neuen Methoden der digitalen Bodenkartierung mit jenen der empirischen Bodenkartierung gemäss Methode Reckenholz kombiniert (und deren Nachteile eliminiert) werden:

- Umfassende, reproduzierbare Gelände- und Luftbildanalysen
- Flächendeckende Feldarbeit mit dichtem Bohrnetz

Diese Kombination ist nur dann erfolgversprechend und kostensparend, wenn die Feldarbeit verkürzt werden kann. Dies soll zum Einen durch die vorgängige Abgrenzung von provisorischen Polygonen erfolgen und zum Andern sollen die wesentlich vereinfachten Feldaufnahmen mit Algorithmen, die auf gezielten Analysen der regionalen Bodenprofile basieren, in einen vollständigen Datensatz der Bodeneigenschaften transformiert werden.

Das skizzierte methodische Neuland erfordert ein dreistufiges Vorgehen, bestehend aus:

- einem Vorprojekt zum Studium der lokalen Bodenbildungsprozesse und -faktoren und zur Evaluation erster Algorithmen zur Transformation eines zu definierenden minimalen Bodendatensatzes in den vollständigen Datensatz der Bodeneigenschaften.
- einem Pilotprojekt zum Praxistest der neu definierten Methode und der für das Projekt erforderlichen Organisation
- der Routine-Kartierphase auf der Basis eines bereinigten und erprobten Vorgehens.

Das in der vorliegenden Konzeptstudie geschilderte Vorgehen hat zum Teil Forschungs- und Entwicklungscharakter. Deshalb sind nicht alle Kosten durch den Kanton Glarus zu tragen. Vielmehr gibt es seitens des KOBO ein Interesse an diesem Innovationsprojekt, welches das KOBO möglicherweise mit eigenen Dienstleistungen unterstützt. Da nicht alle Leistungen, welche über die zielorientierte Datenerhebung (Interesse der Glarner Trägerschaft) hinausgehen, vom KOBO erbracht werden können, ist eine zusätzliche Unterstützung durch weitere Instanzen des Bundes erforderlich. Weil dieses Bodenkartierungsprojekt Innovationscharakter für die anstehende schweizweite

Bodenkartierung hat, ist eine solche Unterstützung denkbar. Die Unterstützung durch das KOBO und durch finanzielle Beiträge von BAFU, BLW und ARE soll vom Kanton Glarus beantragt werden, um das Projekt im geschilderten Rahmen lancieren zu können.

Der Perimeter wurde provisorisch definiert und umfasst Flächen erster und zweiter Priorität im Umfang von gesamthaft ca. 3'100 Hektaren. Dafür sind Kosten von total ca. CHF 1.55 Mio zu erwarten. Unter der Annahme, dass ausserkantonale Instanzen das Projekt mit Eigenleistungen und Finanzierungsbeiträgen in der geschätzten Grössenordnung unterstützen, belaufen sich die Kosten für die Glarner Trägerschaft auf ca. CHF 1'124'000.- inkl. 7.7% MWSt. Das entspricht einem Hektarpreis von CHF 362.- und einer Kosteneinsparung von ca. 32% gegenüber der heute gängigen Kartierungsmethode.

Für den Fall, dass das Projekt weiterverfolgt werden soll, empfiehlt sich, den Perimeter vorgängig fix festzulegen - egal ob Gesamtperimeter oder nur jener erster Priorität. Eine Etappierung in Flächen erster und zweiter Priorität hätte erhöhte Fixkosten zur Folge und ist deshalb unattraktiv.

## 2 AUSGANGSLAGE, ANLASS

### 2.1 Stand der Bodeninformation in Glarus Süd

Der Kanton Glarus hat in den Jahren 2007 bis 2009 eine Bodenkarte der potentiellen Fruchtfolgeflächen erarbeiten lassen. Im Jahr 2020 wurde in Glarus Nord im Rahmen des Ressourcenprogramms Boden eine Ergänzung dieser Bodenkarte ausgelöst, um die Bodeneigenschaften der ganzen landwirtschaftlichen Nutzfläche zu kennen.

Für das Gebiet der Gemeinde Glarus Süd wurden im Rahmen der Kantonalen Bodenkartierung zur Feststellung der Fruchtfolgeflächen nur wenige Flächen kartiert. Dem entsprechend ist die Beschaffenheit der Böden in der Gemeinde Glarus Süd kaum bekannt. Losgelöst von der Frage der Fruchtfolgeflächen stellen die Kenntnisse der Bodeneigenschaften eine wichtige und unentbehrliche Grundlage dar – z.B. für:

- die Nutzungsplanung
- die Beurteilung des Kohlenstoffhaushalts
- die Wasserrückhaltung
- die Abschätzung von Erosionsrisiken
- den Umgang der Land- und Forstwirtschaft mit dem Klimawandel
- Abwägungen zwischen Landwirtschaft, Siedlungsentwicklung, Landschaftsschutz, Biodiversität, Tourismus, Naturgefahren usw.

### 2.2 Bodenkartierung Schweiz

Für viele Kantone ist vor dem Hintergrund des neuen Sachplans für Fruchtfolgeflächen (FFF) und mit der Kompensation von FFF zudem eine neue Dringlichkeit für Bodenkartierungen entstanden. Aber auch für viele andere Fragestellungen werden Bodenkarten benötigt. Böden erfüllen zahlreiche Leistungen für unsere Gesellschaft, sei es im Zusammenhang mit Klimawandel, Land- und Forstwirtschaft, Biodiversität oder Naturgefahren. Die Bodenqualität bestimmt, wie gut Böden bestimmte Leistungen für Mensch und Umwelt erbringen können. Zu diesen gehören unter anderem die Eignung für die Nahrungsmittelproduktion, das Speichern, Filtern und Transformieren von Nährstoffen, das Wasserspeichervermögen für Pflanzen oder das Speichern von Kohlenstoff.

Die Bodenkunde und Bodenkartierung in der Schweiz befinden sich an einem Wendepunkt:

- Im Jahr 2019 wurde das Kompetenzzentrum Boden (KOBO) an der Fachhochschule Zollikofen (HAFL) ins Leben gerufen, um Akteure, die mit Boden zu tun haben, mit Fachwissen und modernsten Mitteln zu unterstützen (siehe [www.ccsols.ch](http://www.ccsols.ch)). Die Hauptziele des KOBO sind die Vereinheitlichung und Weiterentwicklung von Erhebungs- und Analysemethoden für Bodeneigenschaften, die Weiterentwicklung und das Festlegen von technischen Standards für die Bodenkartierung sowie der Aufbau und Betrieb einer nationalen Informations- und Serviceplattform für Bund, Kantone und private Organisationen.

- Im Mai 2020 hat der Bundesrat die Bodenstrategie verabschiedet und veranlasst, dass bis Ende 2021 ein Konzept für eine schweizweite Bodenkartierung als Antrag für den Bundesrat ausgearbeitet werden soll. Die Vernehmlassung des Konzepts mit den Kantonen findet voraussichtlich im Oktober bis Dezember 2021 statt.
- Für die Kartierung des Kantons Bern ist ein Forschungsprojekt der HAFL angelaufen (Wyss-Projekt), das auf die geostatistische Modellierung der Bodeneigenschaft und die Anwendung weiterer neuer Methoden setzt.
- In einer BAFU-Studie wurden 2021 die Kantone nach ihren Erfahrungen, Bedürfnissen und Vorschlägen für Bodenkartierungen befragt, 17 Kantone (Stand Mitte August 2021) benennen konkrete Anstrengungen, um in den nächsten Jahren die Böden bodenkundlich zu kartieren.
- Das KOBO unterstützt diverse Pilotprojekte mit Fachwissen, Infrastruktur und Dienstleistungen, um in den nächsten Jahren die Integration neuer Methoden in die Bodenkartierung zu testen und zu optimieren. Auf diese Weise soll künftig für möglichst unterschiedliche geomorphologische Regionen in der Schweiz die Praxistauglichkeit von neuen Methoden getestet werden. Immer mit dem Ziel von gesamtschweizerisch vergleichbaren Bodeninformationen. Erste KOBO Pilotprojekte haben bereits im Herbst 2021 begonnen, weitere sind für 2022 und 2023 geplant.
- In den Flumserbergen läuft im Auftrag des BAFU und unter Beteiligung verschiedener Kantone inkl. Glarus eine Fallstudie für flächendeckende Bodendaten im Gebirge, welches im Winter 2021/2022 zum Abschluss kommen wird. Die fachliche Betreuung dieses Projektes erfolgt durch den Autor der vorliegenden Konzeptstudie zusammen mit KOBO und HAFL.

Insbesondere für Gebirgsregionen ist heute die Kartierungsmethode, welche für die Bodenkartierung der Schweiz angewandt werden soll, noch nicht ausreichend definiert. Das Gebiet Glarus Süd ist mit einem grossen Anteil an Naturfutterbau sehr gut geeignet, um rationellere Methoden zur Bodenkartierung anzuwenden und einem Praxistest zu unterziehen. Aus Sicht des KOBO ist es von Interesse, ein Pilotprojekt für die Kartierung von Gebirgstälern (und ggf. Alpen) durchzuführen.

### 3 ZIEL

Für gezielte planerische Aktivitäten und für Abwägungen im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung werden bessere Kenntnisse der Bodeneigenschaften angestrebt. Das vorliegende Konzept im Auftrag der Abteilung für Landwirtschaft des Kantons Glarus soll aufzeigen:

- für welche Gebiete Bodeninformationen erarbeitet werden sollen
- wie eine Bodenkartierung für diese Gebiete angegangen werden kann
- welche Stellen dieses Vorhaben ggf. unterstützen können
- mit welchen Kosten die Ergänzung Bodenkarte Glarus Süd verbunden ist.

Das Konzept soll insbesondere folgende Rahmenbedingungen berücksichtigen:

- Naturfutterbau herrscht vor. Da kaum FFF zu erwarten sind, muss die Bodenkarte nicht zwingend dem Bodenkarten-Standard gemäss Sachplan FFF genügen
- Die Gemeinde Glarus Süd und der Kanton Glarus verfügen nur über begrenzte finanzielle Mittel
- Derzeit laufen verschiedene Aktivitäten zur Rationalisierung des Bodenkartierungsprozesses (auch für Gebirgslandschaften), deren Erkenntnisse für die Bodenkartierung der Gemeinde Glarus Süd genutzt werden sollen
- Die Bodenkartierung Glarus Süd könnte Pilotcharakter für die schweizweite Bodenkartierung - bezogen auf Gebirgstäler - haben.

#### **Kartenmassstab**

Die Vergleichbarkeit der neuen und alten Bodendaten soll gewährleistet sein. Deshalb gehen wir im vorliegenden Konzept davon aus, dass auch neu zu erarbeitende Bodenkarten im Massstab 1:5'000 erstellt werden. Zudem erachten wir diesen Massstab auch als sinnvoll, da er:

- für landwirtschaftliche Anwendungen gebräuchlich und akzeptiert ist
- vielerorts ein ausreichend detailliertes Bild der Bodenverhältnisse gibt
- ein günstiges Verhältnis zwischen Zuverlässigkeit der Bodeninformation und dem erforderlichen Bearbeitungsaufwand aufweist.
  - Stärkere Generalisierungen führen, um verwendbare Bodeninformationen sicherzustellen, nur zu geringen Kosten-Einsparungen.
  - Stärkere Abstraktionen durch modellierte Bodenkarten (digital soil mapping, DSM) können mit bedeutend weniger Aufwand erstellt werden – allerdings ist die Akzeptanz solcher Produkte in der Praxis in der Schweiz noch unbekannt und sie wird von weiten Fachkreisen bezweifelt, weil kleinräumige bodennutzungsrelevante Bodenunterschiede häufig zu wenig zum Ausdruck kommen.

## 4 GRUNDLAGEN

### 4.1 Methodische Grundlagen

- [1] Bodeninformations-Plattform Schweiz (BIP-CH); Thematische Synthese Nr. 4 zum Nationalen Forschungsprogramm NFP 68; thematische Synthese zum NFP 68; Armin Keller, Julia Franzen, Paul Knüsel, Andreas Papritz, Martin Zürrer; 2018
- [2] Drohnenbilder, automatisierte Datenauswertung und ihr Nutzen im Kartierungsprozess; HAFL und myx GmbH; August 2020
- [3] Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden; Schriftenreihe FAL 24: Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz (heute Agroscope); 1997.
- [4] Pilotprojekt D.02 zum Pilotprogramm Klimawandel: Flächendeckende Erhebung von Bodendaten im Gebirge. Bericht erwartet im 1. Quartal 2022.
- [5] Praktikumsarbeit O. Heller (myx GmbH, 2. Mai 2019 unveröffentlicht)
- [6] Projekthandbuch für die Bodenkartierung des Kantons Solothurn; Amt für Umwelt des Kantons Solothurn; 6. Ausgabe; Dezember 2017
- [7] Zum Quartär des Linthgebiets zwischen Luchsingen, dem Walensee und dem oberen Zürichsee; Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz; Landesgeologie, Lieferung 169; Conrad Schindler; 2004

### 4.2 Berücksichtigte Daten, die für die Bodenkarte Glarus Süd relevant sein

- [8] Bodenkarte Glarus 1:5000, GIS Datensatz
- [9] Geologische Karte der Schweiz 1:50'000; Bundesamt für Landestopographie swisstopo
- [10] Landwirtschaftliche Zonengrenzen der Schweiz, GIS Datensatz; Bundesamt für Landwirtschaft BLW
- [11] Landwirtschaftliche Nutzungsflächen, GIS Datensatz, Geoportal Kanton Glarus
- [12] Bodenkundliche Aufnahmen von aktuellen Baustellen im Kanton Glarus; Erläuterungsbericht vom 11. Dezember 2014 inkl.: Standorte der Erhebungen; Abteilung für Umwelt und Energie, Kanton Glarus, 2014

## 5 PERIMETER; VORHANDENE BODENDATEN

### 5.1 Flächen und Bestand Bodendaten

Der Perimeter (Anhang 1) wurde zusammen mit der Abteilung für Landwirtschaft festgelegt. Daraus ergaben sich zwei Teilperimeter mit unterschiedlicher Priorität und differenzierter Abgrenzung auf Basis der landwirtschaftlichen Zonen (Tabelle 1).

Tabelle 1:  
Steckbrief Perimeter

Perimeter	Inhalt	bereits kartiert (ha)	noch nicht kartiert (ha)	Total (ha)
Perimeter Priorität 1	Talboden bis 800 m.ü.M Grosstal: Bergzone I + II, Kleintal: Bergzone III,	84	2'220	2'304
Perimeter Priorität 2:	Ab 800 m.ü.M, Grosstal Bergzone III + IV, Kleintal Bergzone IV	0	880	880
Total		84	3'100	3'184

Im Mengengerüst, das gemäss Tabelle 1 total ca. 3'100 Hektaren neu zu kartierende Flächen umfasst, sind Sömmerungsgebiete und bestockte Flächen (aus AV Bundesmodell) abgezogen. Die Zahlen sind aufgrund unserer Plausibilitätsprüfung mit verschiedenen Datensätzen mit einer gewissen Unsicherheit behaftet. Im Hinblick auf die Budgetierung und aufgrund der anspruchsvollen Topographie verwenden wir die höheren Zahlen.

#### 5.1.1 Gebiete mit Priorität 1

In erster Priorität sollen Bodeninformationen für die ebeneren Flächen erarbeitet werden. Diese liegen in den Talsohlen der Linth und der Sernf und auf den angrenzenden Schuttfächern und Hanglagen unterhalb der bewaldeten Steilhänge.

#### 5.1.2 Gebiete mit Priorität 2

In zweiter Priorität werden für höher gelegene Wiesen und Weiden (ausserhalb der Sömmerungsgebiete) Bodeninformationen erarbeitet. Im Perimeter 2. Priorität befinden sich grössere Flächen in Braunwald, Elm und in den Wissenbergen. Die übrigen Flächen sind i.d.R. eher klein und wenig zusammenhängend.

### 5.2 Bestand Punktinformationen

Im Zuge der Bodenkartierung des Kantons Glarus wurden auf dem Gebiet der Gemeinde Glarus Süd verschiedene Bodenprofile dokumentiert. Das Amt für Umwelt des Kantons Glarus liess 2013

zudem die für Bauprojekte (unterschiedlich detailliert) beschriebenen Bodenprofile inventarisieren. Von diesen Punktinformationen liegen total 119 Stück in der Gemeinde Glarus Süd. Anhang 2 zeigt die Lage der Erhebungen, von denen ein Grossteil ausserhalb der landwirtschaftlichen Nutzfläche liegt. Zudem fällt auf, dass für das Kleintal fast keine Boden-Aufnahmen vorliegen. Tabelle 2 zeigt das Mengengerüst für bestehende Punktinformationen in der Gemeinde Glarus Süd.

Tabelle 2:  
Bestand Punktinformationen

Punkt-Informationen	Stk.	Davon in Landwirtschaftlicher Nutzfläche
Bodenprofile (Bodenkartierung und Bau)	16	13
Bohrungen	21	2
Bau-Sondagen	82	70
<b>Total</b>	<b>119</b>	<b>85</b>

Zu beachten ist, dass der Charakter der Bodeninformationen sehr unterschiedlich ist:

- Bodenprofile i.d.R. vollständige bodenkundliche Dokumentation
- Bohrungen höchstens zusammengefasste Kurzbeschriebe
- Bau-Sondagen Bilder, ggf. Kurz-Charakterisierung des Bodens

Diese Punktinformationen liegen in nicht digital aufbereiteter Form vor.

#### Zusätzliche Bodeninformationen

Gemäss unserer Anfrage beim nationalen Zentrum für Bodeninformation an der Forschungsanstalt Reckenholz (NABODAT) liegen für den betrachteten Perimeter keine zusätzlichen Bodendaten vor.

Sofern sich die Kartierungsabsicht bestätigt, können allenfalls weitere Bodendaten aus Grundlagenenerhebungen in Baugesuchsunterlagen nutzbar gemacht werden. Unseres Erachtens ist dieser Datenbestand aber dünn, weshalb wir im Rahmen des vorliegenden Konzepts nicht weiter recherchiert haben.

### 5.3 Geologische Grundlagen

Der für die jungen Böden in Glarus Süd wichtigste Bodenbildungsfaktor ist das Ausgangsgestein. Deshalb ist die Verfügbarkeit von flächendeckenden geologischen Karten von besonderem Interesse. Die geologischen Grundinformationen sind für den betrachteten Perimeter in vektorisierter Form verfügbar.

Weitere geologische Informationen sind in der Publikation von Conrad Schindler [7] enthalten. Unseres Wissens sind die dort vorhandenen geologischen Karten aber nicht vektorisiert.

In der Regel sind geologische Karten aus Sicht der Bodenkunde aber nur unter folgenden Vorbehalten verwendbar:

- Die geologischen Grundlagen sind im Massstab 1:25'000 erfasst. Deshalb können sie i.d.R. nicht direkt für die Erarbeitung von Bodenkarten im Massstab 1:5'000 verwendet werden.

- Die geologischen Grundlagen beziehen sich häufig nicht auf das bodenbildende Ausgangsmaterial sondern auf darunter liegende Schichten.

Trotz dieser Vorbehalte zur Auflösung und zum Inhalt sind die geologischen Karten für die Bodenkartierung sehr wichtig. Dank der geologischen Grundlageninformation ist bekannt, welche Ausgangsmaterialien in einem Gebiet (leider örtlich nicht korrekt) vorkommen. In bodenkundlichen Erhebungen kann dann auch erkannt werden, in welchen Gebieten welche Ausgangsmaterialien tatsächlich bodenbildend sind. Diese Erkenntnisse erlauben Analogieschlüsse, welche die bodenkundliche Kartierung erleichtern.

Insbesondere in den im Perimeter vorhandenen Lockergesteinen kann jeweils von einer einzugsbietstypischen und homogenisierten Zusammensetzung ausgegangen werden.

## 6 METHODISCHE GRUNDLAGEN

Die Bodenkartierung ist ein komplexer Prozess, um den dreidimensionalen und heterogenen Boden in einer übersichtlichen und doch möglichst umfassenden Abstraktion erfassen zu können. Die wesentlichen Bearbeitungsprozesse sind:

- Erhebung von Punkt-Informationen
- Erhebung von Flächen-Informationen
- Analyse von Bodenproben

### 6.1 Überblick

Die in der Schweiz anerkannte Bodenkartierungsmethode „Reckenholz“, mit der (fast) alle Bodendaten im Kanton Glarus erhoben wurden, entstand grösstenteils vor dem digitalen Zeitalter und wurde an der landwirtschaftlichen Forschungsanstalt Reckenholz entwickelt. Das hat zur Folge, dass, den zeitgemässen Hilfsmitteln und den neuen Ansprüchen gemäss, Anpassungen erforderlich sind. Diese sind ohne weiteres möglich. Das Rad muss deshalb nicht neu erfunden werden. Einige Anpassungen wurden namentlich für die Bodenkartierungen der Kantone Solothurn, Luzern, Glarus, St. Gallen und Thurgau sowie für die Bodenkarte Hochrhein (INTERREG) vorgenommen. Die Stossrichtungen dieser Anpassungen sind verschieden – ebenso verschieden dürften die Erfahrungen sein. Der Kanton Glarus kann aber mit Bestimmtheit von diesen Erfahrungen profitieren.

Für die Bodenkartierungen in der Schweiz existieren folgende methodischen Grundlagen:

- Klassifikation der Böden der Schweiz (2002; laufend aktualisiert)
- «FAL24»; Schriftenreihe FAL Reckenholz Nr. 24: Kartieren und Beurteilen von landwirtschaftlich genutzten Böden (1997)
- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL, heute: BAFU): Handbuch Waldbodenkartierung (1996)
- «FAL24+»; Amt für Umwelt des Kantons Solothurn: Projekthandbuch Bodenkartierung (laufend aktualisiert)

Verschiedene Kantonale Bodenkartierungen orientieren sich heute am Handbuch des Kantons Solothurn, da der dort geschaffene Standard FAL 24+ derzeit den Massstab setzt. Es basiert auf den anderen zitierten Werken und beinhaltet eine methodische und organisatorische Weiterentwicklung bis hin zur Qualitätssicherung. Die Anwendung dieser Methode führt zu Bodeninformationen, die den Qualitätsansprüchen des Sachplans FFF genügen. Die Bodeninformationen sind für verschiedene Anwendungen nutzbar. Die Methode FAL 24+ stellt quasi das Fundament der Bodenkartierung in der Schweiz dar.

In den folgenden Abschnitten dieses Kapitels werden die wesentlichsten Leistungen gemäss FAL 24+ aufgezeigt und kurz kommentiert. Zu jedem Teilkapitel wird auf methodische Alternativen hingewiesen, um ein kurzes aber möglichst abgerundetes Bild der methodischen Möglichkeiten zu geben.

## 6.2 Erhebung von Punkt-Informationen

Die Möglichkeiten für die Aufnahme von Punkt-Informationen sind in Tabelle 3 dargestellt – zusammen mit den Vor- und Nachteilen.

### Aktuelle Entwicklungen

Die detaillierte Erfassung der Bodeneigenschaften in Bodenprofilen ist unumgänglicher und integraler Bestandteil jeder Methode zur Kartierung oder Modellierung von Bodenkarten.

## 6.3 Erhebung von Flächen-Informationen

Üblicherweise wird lediglich der abstrahierte, für die Fläche gemittelte Polygondatensatz, der auf Basis von mehreren Bohrungen definiert wird, protokolliert – wie heute in der Bodenkarte des Kantons Glarus enthalten. Die einzelnen Punktinformationen aus den Hand- und Stöcklibohrungen gehen verloren und finden ihren Niederschlag in der Charakterisierung der Polygoneigenschaften und allenfalls in Bemerkungen zum Polygon.

Das entspricht dem eingespielten Standard, der den grossen Vorteil hat, aus einem sehr dichten Bohrnetz hervorgegangen zu sein: Die Resultate sind kartiert - im empirischen Sinn.

### Aktuelle Entwicklungen

In jüngster Zeit gibt es Bestrebungen, vollständig auf Polygondatensätze zu verzichten, da diese eine vom Massstab (und teilweise auch vom Erfahrungshintergrund der mit der Feldarbeit betrauten Person) abhängige Abstraktion sind und der Variabilität der Bodeneigenschaften innerhalb eines Polygons zu wenig bzw. keine Beachtung schenkt.

Wir kennen derzeit zwei dieser Bestrebungen:

- Weiterentwicklung der Polygondatensätze mit Angaben zur Variabilität einzelner Parameter [4]
- Flächendeckende rasterbasierte Bodeninformationen sowohl für einzelne Parameter als auch Bodenkennwerte, die auf der Basis reduzierten Anzahl von Bohrungen und verfügbaren Geodaten mit Algorithmen für die Fläche extrapoliert bzw. interpoliert werden. Diese Vorgehensweise wird digital soil mapping (DSM) genannt und führt zu modellierten Bodeninformationen - sogenannten Prognosekarten.

Tabelle 3:  
 Vor- und Nachteile verschiedener Punktaufnahmen

Art	Beschreibung	Beprobung	CHF/Stk. Ohne Nebenkosten	Vorteil	Nachteil
Profilgrube	Bagger-schlitz; örtlich ggf. Hand-aushub Breite ca. 1 m; Tiefe bis 1.5m	Uneinge-schränkt	700.-	bestmögliche Beurteilung und Fotografie geeignet in allen Böden Zugang i.d.R. über Wochen bis Monate möglich	Kosten für Bewirtschafter mit Umtrieben verbunden. In steilen Lagen limitiert (hier eher Handaushub)
Cobra-Bohrung	Bohrkern ca. 10 cm	Fast uneinge-schränkt	600.-	Eher gute Beschreibung möglich bei eher geringem Eingriff.	Kosten (2 Personen) Weiche Böden ggf. gestaucht Skelettgehalt kann Bohrtiefe begrenzen Erschwernis in steilen Hanglagen
Kleinprofil	Spatenaus-hub bis ca. 50 cm; da-runter Hand-bohrung Breite ca. 20 cm	einge-schränkt	400.-	Eher gute Beschreibung in den obersten 50 cm möglich Nicht topographie-abhängig eher geringer Eingriff	Unterboden und Geologie schwierig zu beurteilen Kleiner Ausschnitt; Fotografie des Unterbodens wenig aussagekräftig
Handboh-rung georefe-renziert (mit Datensatz)	Gerätwahl je nach Boden-eigenschaf-ten; Durch-messer ca. 2 bis 10 cm	Stark einge-schränkt	200.-	Eher schnell; georeferenziert Nicht topographie-abhängig eher geringer Eingriff	Struktur kaum beurteilbar
Handboh-rung nicht georefe-renziert (ohne Datensatz)	Gerätwahl je nach Boden-eigenschaf-ten; Durch-messer ca. 2cm	Stark einge-schränkt	40.-	Schnell; Nicht topographie-abhängig eher geringer Eingriff	Struktur kaum beurteilbar i.d.R. nicht digita-lisiert, nicht georeferenziert
Stöckliboh-rung nicht georefe-renziert (ohne Datensatz)	Handbohr-stock; Durch-messer ca. 7 mm	unmöglich	12.-	Sehr schnell, zum Su-chen von Analogien zu anderen Bohrungen geeignet	Zur Erhebung von Eigenschaften nicht geeignet i.d.R. nicht digitalisiert, nicht georeferenziert

## 6.4 Polygonabgrenzung

Die Polygonabgrenzung gemäss Kartieranleitung Reckenholz erfolgt zum grössten Teil im Feld – während der Kartierarbeit. Dabei werden je nach Beobachtungen und Betrachtungsstab bzw. Darstellbarkeit folgende Elemente zur Abgrenzung von Polygonen benutzt:

- Bodeneigenschaften
- Mutmassliche Pedogenese (häufig dominiert durch das Ausgangsmaterial)
- Geländeformen, Geländekanten
- Vegetationsunterschiede

In jüngster Zeit kann ein Teil der Polygongrenzen unter Verwendung einer Vielzahl von Geoinformationen objektiviert festgelegt werden. Es ist zu erwarten, dass in den nächsten Jahren im Zuge der Revision der Kartieranleitung (seit 2019 laufendes Projekt des BAFU) nützliche und einigermassen standardisierte Hilfsmittel zur Verfügung stehen und in den Kartierungsprozess gemäss FAL24+ implementiert sind.

### Rasterbasierte Bodenkarte

Diese Entwicklung, die letztlich ohne Polygongrenzen auskommt, ist im Kapitel 10.2.3 beleuchtet.

### Polygonabgrenzung durch Analysen der verfügbaren Geoinformationen

Die Polygonabgrenzung durch Analysen der verfügbaren Geoinformationen – insbesondere des Geländemodells und von hoch auflösenden Luftbildern - ermöglicht eine erhöhte Reproduzierbarkeit und Objektivierung der Polygongrenzen. Ein Pilotprojekt der HAFL zusammen mit der myx GmbH [5] hat folgendes gezeigt:

- Die Analyse des Geländemodells mit geeigneten Reliefparametern (z.B. Topindex, Roughness, Krümmungen, Fließakkumulation usw.) liefern eine gute Basis, um den Bohrplan festlegen zu können.
- Im Dauergrünland liefern Nah- und Fernerkundungsmethoden mit diversen Spektren und Auswertungsprodukten (z.B. NDVI „normierter differenzierter Vegetationsindex“) eine interessante Grundlage, um Bodenpolygone abgrenzen zu können – je geringer der anthropogene Einfluss desto besser. Das ist insbesondere für die Böden der Bergzonen von Bedeutung.
- Die vorhandenen geologischen Grundlagen sind zu grob aufgelöst. Für die heutigen Grundlagen (GeoCover 2 bzw 3) sind zusätzliche geologische Abklärungen erforderlich, um die Quartärgeologie besser zu erfassen und einen Mehrwert für Bodenkartierungen erzielen zu können.
- Satellitenbilder sind auch eher grob aufgelöst. Da die Daten dieser Sensoren regelmässig in Intervallen von 1 Tag bis 10 Tage erhoben werden, kann die Nutzung von Bildern, die nach Wetterextremen entstanden sind (ggf. Trockenheit oder ausgeprägte Nässeperioden) aufschlussreich sein.

Letztere Erkenntnis ist aufgrund der rasanten Entwicklung zu relativieren: Satellitenbilder waren bis 2016 in einer Auflösung von 30 x 30 m (Landsat) verfügbar, seit 2016 sind für die Schweiz Sze-

nen des europäischen Raumfahrtprogramms 'Copernicus' für einzelne Sensoren verfügbar mit einer Auflösung von 10 x 10 m und unterschiedlichen Intervallen. Bis 2022 werden Daten für weitere Sentinel-Sensoren hinzukommen. Die Entwicklung der allenfalls nutzbaren Satellitendaten ist in Tabelle 4 dargestellt, um ein Bild über das aktuelle Angebot zu geben, das ca. alle 2 Jahre erweitert wird. Derzeit kann noch keine Empfehlung abgegeben werden. Wichtig ist aber eine möglichst hohe Auflösung.

Tabelle 4:  
Übersicht des Angebotes von Satellitendaten mit ihren Spezifikationen

Mission	Sensor	Auflösung	Intervall	Nutzen	Betrieb
Sentinel-1	C-Band-Radar (SAR)	9-40 m	6 Tage	Land, Wasser	seit 2016
Sentinel-2	Spektrometer (MSI)	10-60 m	5 Tage	Land, Wasser	seit 2017
Sentinel-3	Spektr-, Radio-, Mikrowellenradio-, Radaraltimeter	300-1020 m	< 2 Tage	Land, Wasser	seit 2017
Sentinel-4	Spektrometer	8 km	60 Min.	Klima, Wetter	ab 2022
Sentinel-5	Spektrometer	7.5-50 km	1 Tag	Klima, Wetter	ab 2022
Sentinel-5P	Spektrometer	7-68 km	1 Tag	Klima, Wetter	seit 2017
Sentinel-6	Laser Retroreflector; Radaralti-, Mikrowellenradio-meter usw.	2-5 km	10 Tage	Klima, Wetter, Ozean	ab 2020

## 6.5 Analytik von Bodenproben

### Sackproben aus Bodenprofilen

In Bodenkartierungen verschiedener Kantone werden i.d.R. pro Bodenprofil 3 Horizonte beprobt und auf die folgenden Parameter untersucht:

- Feinerdekörnung (Ton, Schluff, Sand)
- Organische Substanz
- pH-Wert (CaCl<sub>2</sub>) und / oder Kalkgehalt

In einigen Kartierungen werden einzelne Profile zusätzlich auf die Kationenumtauschkapazität und auf die Basensättigung untersucht.

### Zylinderproben aus Bodenprofilen

Ferner spielt für verschiedene Pedotransferfunktionen die Dichte eine Rolle. Zur Probenahme sind Zylinder in zwei Grössen gebräuchlich: 100 und 1'000 ml.

In vielen Bodenkartierungen werden derzeit aber keine Zylinderproben genommen und analysiert. Falls die Ermittlung der Dichte angestrebt wird, empfehlen wir Bürgerzylinderproben (1000 ml), da das Artefaktrisiko geringer ist als mit 100 ml Zylindern.

### **Skelettgehaltsanalysen aus Bodenprofilen**

Der Skelettgehalt spielt zur Ermittlung der pflanzennutzbaren Gründigkeit eine zentrale Rolle. Trotz dieser Bedeutung wird er in Bodenkartierungsprojekten kaum je analysiert. Im Perimeter für die Bodenkartierung Glarus Süd sehen wir keinen Bedarf, um Skelettgehaltsanalysen zu empfehlen, weil – anders als z.B. in Kartierungen von FFF – kleine Fehler in der Skelettgehaltsschätzung eher geringe Auswirkungen auf mögliche Interpretationen der Bodendaten haben werden.

### **Nah-Infrarot (NIR) für Feldgeräte und mittleres Infrarot (mid-IR) für Labor**

Das Kompetenzzentrum Boden (KOBO) führt z.B. für die Bodenkartierung des Kantons Luzern parallel zu den üblichen Laboranalysen eigene Analysen mit mid-IR im Labor durch und wird in verschiedenen Gebieten und für möglichst unterschiedliche Böden die Güte von Feldmessungen mit Nahinfrarot (NIR) prüfen. Falls mit den spektroskopischen Messmethoden eine genügend hohe Genauigkeit erzielt werden kann, ist in weiteren Etappen nur noch für rund 10-15% der Bodenproben die traditionelle Analytik erforderlich. Für folgende Parameter eignen sich die spektroskopischen Bestimmungsmethoden besonders, wie in zahlreichen internationalen Studien belegt wurde:

- pH
- Textur (Ton, Schluff, Sand)
- Humusgehalt
- Kationenaustauschkapazität

Darüber hinaus gibt es viele weitere Studien, die auch enge Zusammenhänge zwischen Spektroskopie und anderen Parametern nachgewiesen haben (Nährstoffgehalte, einige bodenbiologische und bodenphysikalische Parameter). Diese Zusammenhänge gilt es aber zunächst für Schweizer Böden zu prüfen.

Es ist denkbar, dass das KOBO für den Aufbau einer nationalen Spektralbibliothek für ein möglichst breites Spektrum an Schweizer Böden an einem ähnlichen Vorgehen im Kanton Glarus interessiert ist, um regional möglichst gut kalibrierte Referenzen für weitere NIR- und mid-IR-Analysen verfügbar zu haben.

Gemäss KOBO ist zu testen, wie gut Feldgeräte sind. Derzeit gehen wir davon aus, dass die Proben wie bisher üblich zu entnehmen sein werden.

Einzelne Anwendungen der Spektroskopie ermitteln die verschiedenen Tonmineralien. Im vorliegenden Perimeter mit möglicherweise sehr vielen unterschiedlichen Ausgangsmaterialien und typischen Gemischen kann die Kenntnis der Tonmineralien ggf. die Bodenkartierung unterstützen.

### **Analysen von Bodenproben aus Polygonen (Flächenmischproben)**

In aktuellen Kantonalen Bodenkartierungen werden von den Kartierfachleuten flächendeckend die Feinerdekörnung und der pH-Wert bestimmt. Die Feinerdekörnung wird mit der Fühlprobe ermittelt, der pH-Wert mit der Hellige-Indikatorlösung. Beide Methoden beinhalten Unsicherheiten:

- Die Schätzung der Feinerdekörnung ist gerade im Oberboden, der einen relevanten Anteil an organischer Substanz enthält, erschwert. Vor allem feinkörnige Böden mit ca. 30 bis 60%

Schluff sind oft schwierig zu beurteilen: Ist nun Ton oder Schluff dominant? Die für die Kartierung verfügbaren Analysen stammen von den Bodenprofilen, die also nur alle 15 Hektaren einen Hinweis auf die Feinerdekörnung liefern. Deshalb wünschten sich einige Kartierfachleute manchmal, da und dort noch eine Flächenmischprobe für ein Polygon entnehmen zu dürfen, um mehr Sicherheit in der Schätzung dieses Parameters zu haben.

- Die Ermittlung des pH-Wertes mit der Hellige Indikatorlösung beinhaltet folgende Fehlerquellen:
  - Die Gerätschaft (teilweise kommen sogar Finger zum Einsatz) zur Probenahme kann verschmutzt sein.
  - Das «pH-Meter» kann verschmutzt sein.
  - Die pH-Indikatorlösung kann Anlass zu Zweifeln geben.
  - Das Farbempfinden ist einer gewissen Subjektivität unterworfen.

Im Zuge der weiteren Disposition der Bodenkarte Glarus Süd ist zu überlegen, ob ergänzende Labor- oder NIR-untersuchungen in Bodenpolygonen nützlich und verhältnismässig sind. Derzeit sehen wir eher keinen Handlungsbedarf, da im Naturfutterbau-Gebiet wenig bewirtschaftungsbedingte Unterschiede auftreten werden und die Aussagekraft von Bodendaten aus Bodenprofilen für vergleichbare Böden gross sein wird.

## 7 ZIEL DER BODENKARTIERUNG GLARUS SÜD

Aufgrund unserer Kenntnisse der Absichten und der Grundlagen ist folgendes Ziel der Bodenkartierung Glarus Süd sinnvoll:

- Zuverlässige, flächendeckende Bodendaten im Massstab 1:5'000
- Datensatz gemäss Standardmethode FAL 24+

Die Festlegung des Kartierungsperimeters ist ein politischer Entscheid und mitunter von der zeitlichen Perspektive und von der Trägerschaft und ihrer verfügbaren Mittel abhängig.

## 8 HANDLUNGSBEDARF, AUFGABEN

Der Handlungsbedarf und die damit verbundenen Aufgaben ergeben sich einerseits durch die Ziele (Kapitel 7) und andererseits durch die bestehenden Bodeninformationen. Deshalb sind folgende Aufgaben zu erwarten:

- Integration der bestehenden Bodenkarte
- Aufarbeitung und Sicherung der digitalen Verfügbarkeit von vorhandenen Punktdaten (Kapitel 5.2)
- flächendeckende Kartierung der Bodeneigenschaften

### 8.1 Integration der bestehenden Bodenkarte

Die bestehende Bodenkarte kann übernommen und ergänzt werden. Unseres Erachtens sind dazu keine besonderen Leistungen erforderlich, da die Bodenkarte digital verfügbar ist. Allfällige Aktualisierungen können nach Vorliegen der gesamten Bodenkarte im Rahmen der periodischen Nachführung erfolgen. Diese Leistung wird im Rahmen des vorliegenden Konzeptes nicht weiter betrachtet.

### 8.2 Aufarbeitung und Sicherung der digitalen Verfügbarkeit von vorhandenen Punktdaten

Vorhandene Punktdaten (Kapitel 5.2) sollen, um einen möglichst grossen Nutzen zu bieten, digital verfügbar sein. Das bedeutet:

- Punktdaten sollen in einer Datenbank verfügbar und auswertbar sein
- Punktdaten sollen in allen Grundlagen mit Ortsbezug (z.B. Feldkarten) am richtigen Ort und mit den für die Kartierung wesentlichen Informationen verfügbar sein.

Unseres Wissens bedarf es in dieser Hinsicht einer überschaubaren Vorarbeit. Mit der Profildatenbank und Eingabemaske des NABODAT ist ein zeitgemässer und auf die Schweizer Verhältnisse ausgerichteter Standard verfügbar.

Diese Leistung erachten wir als eine Vorleistung des Kantons und wird deshalb im Rahmen des vorliegenden Konzeptes nicht weiter betrachtet.

### 8.3 flächendeckende Kartierung der Bodeneigenschaften

Die Hauptaufgabe der Bodenkartierung Glarus Süd ist die flächendeckende Kartierung der Bodeneigenschaften. Diese kann sich zum einen auf wenige bestehende Bodeninformationen abstützen, und zum andern sind flächendeckend zuverlässige Bodendaten zu erheben. Das vorliegende Konzept fokussiert auf letztere Aufgabe, da der Aufwand für die übrigen Leistungen im Vergleich vernachlässigbar ist.

## 9 WICHTIGE UND KOSTENBESTIMMENDE FAKTOREN

Kostenbestimmende Faktoren sind primär:

- Qualitätsanspruch (-Arbeitstechnik)
- Fläche
- Geländegestalt
- Massstab
- Losgrössen
- Länge der Losgrenzen (geographische Schnittstellen)
- Profildichte (Anzahl Bodenprofile pro km<sup>2</sup>)
- Laboranalysen
- Projektorganisation, Qualitätssicherung (organisatorische Schnittstellen)

### 9.1 Qualitätsanspruch

Der Qualitätsanspruch ist zweifelsfrei der am stärksten kostenbestimmende Faktor.

Der vorliegende Perimeter bietet die Chance, vom FAL24+-Standard, der für FFF-Nachweise erforderlich ist, teilweise abzuweichen.

Es werden heute verschiedene sogenannte «moderne Methoden» diskutiert, entwickelt und erprobt, die allenfalls zu beträchtlichen Kosteneinsparungen führen können. Ob damit aber in absehbarer Zeit Produkte in der geforderten Qualität erarbeitet werden können, wird sich zeigen. Mit dem im Jahr 2019 begonnenen Aufbau des Kompetenzzentrums Boden (KOBO) gibt es in der Schweiz eine Stelle, die Innovation vorantreibt und zudem sicherstellen muss, dass zugelassene, modernere Methoden die geforderten Qualitätsziele erreichen.

Solche Methoden könnten in Glarus Süd entwickelt werden. Das in den Kapiteln 11 und 12 skizzierte Vorgehen basiert auf der Arbeitshypothese, dass ein neuer methodischer Ansatz getestet werden kann.

#### **Empfehlung**

Methode modernisieren - Qualitätsanspruch beibehalten

### 9.2 Fläche

Ein wichtiger, kostenbestimmender Faktor ist die Bearbeitungsfläche.

Aus diesem Grund wurden Flächen 1. und 2. Priorität unterschieden (Kapitel 5.1). Die Flächen 1. Priorität machen 72% des gesamten Perimeters aus. Der pro Hektare erforderliche Kartierungsauf-

wand für die Flächen 2. Priorität dürfte aber deutlich über dem Aufwand liegen, der für die Flächen 1. Priorität erforderlich ist, weil die Flächen 2. Priorität stark zerstückelt sind und der Zugang zu ihnen aufwendiger ist.

Eine Staffelung der Arbeiten für die Gebiete erster und zweiter Priorität gibt u.E. wenig Sinn, weil dann eigens für die Flächen zweiter Priorität wieder ein neues Projekt gestaltet werden müsste. Dadurch entstünden kaum vertretbare Fixkosten. Wenn also (die) Flächen der zweiten Priorität auch kartiert werden sollen, empfehlen wir, die erforderlichen Arbeiten mit der Erhebung der Flächen erster Priorität zu kombinieren.

#### **Empfehlung**

Betrachtungsgebiet nicht nach Prioritäten aufteilen

### **9.3 Geländegestalt**

Für den Kartieraufwand ist die Geländegestalt sehr entscheidend:

- Je steiler das Gelände desto anstrengender und zeitraubender ist die Kartierarbeit.
- Je coupiertes das Gelände, desto kleinräumiger variieren die Bodeneigenschaften, was mehr Bohrungen erfordert.

#### **Empfehlung**

Im vorliegenden Kartierperimeter treffen wir häufig steiles und coupiertes Gelände an. Das ist mit grösserem Kartierungsaufwand als im Mittelland verbunden. Angesichts der klimatisch und topographisch eingeschränkten Nutzungsmöglichkeiten der Böden weist eine Kartierung im üblichen Rahmen ein verschlechtertes Kosten-/Nutzen-Verhältnis auf. Eine Kartierung der Bodeneigenschaften wird nur dann mit verhältnismässigem Aufwand zu bewerkstelligen sein, wenn die Feldarbeit unter Zuhilfenahme von weiteren Grundlagen, welche die Bodeneigenschaften bestimmen, reduziert werden kann. Das vorliegende Konzept zeigt solche Möglichkeiten auf, damit die Kartierung überhaupt eine Chance zur Finanzierung haben kann.

### **9.4 Massstab**

Der Massstab ist grundsätzlich 1:5'000, damit die neuen Bodenkarten mit den bestehenden vergleichbar sind und damit landwirtschaftliche Fragen  $\pm$  parzellenscharf beantwortet werden können.

#### **Empfehlung**

Massstab 1:5'000 beibehalten

## 9.5 Losgrössen; Länge der Losgrenzen (geographische Schnittstellen)

Gemäss der heutigen Praxis werden jeweils relativ kleine Bearbeitungslose (ca. 200 – 300 Hektaren) ausgeschrieben und bearbeitet. Diese Praxis führt zu relativ langen Losgrenzen mit erheblichem Koordinationsbedarf bzw. mit Plausibilitätsproblemen. Die Kartierenden neigen trotz anderer Vorgaben dazu, die Landschaft nicht als Kontinuum zu betrachten sondern als einen am Perimeter-rand abgeschlossenen Raum.

Im vorliegenden Fall ist es sinnvoll, den Perimeter als ganzen zu betrachten und auf eine Aufteilung in Lose zu verzichten. Allenfalls kann je ein Los für die Bearbeitung des Grosstals bzw. des Kleintals definiert werden. Diese Aufteilung würde aber u.E. die Nutzung von Synergien durch sinnvolle Datenanalysen erschweren. Wir empfehlen, das Gebiet als Ganzes zu betrachten und keine geographische Unterteilung in Lose vorzunehmen.

### Empfehlung

Schnittstellen minimieren

## 9.6 Profildichte

Die Reckenholz-Kartieranleitung sieht für Detailbodenkarten 1 Profil pro 10 bis 15 Hektaren vor. Für kantonale Kartierungen hat sich die untere Grenze der Profildichte (7 Stück pro 100 ha) eingestellt. In der Regel ist diese Profildichte ausreichend. Wenn grössere Gebiete gleichzeitig kartiert werden, kann davon ausgegangen werden, dass zusätzliche Einsparungen fachlich vertretbar sind.

Im vorliegenden Fall kann u.E. die Profildichte nicht stark reduziert werden, weil der Perimeter nicht sehr gross und zudem in sehr viele Geländekammern mit mutmasslich eigenen Bodenbildungsfaktoren gegliedert ist.

### Empfehlung

Übliche Profildichte (Qualitätsanspruch) beibehalten

## 9.7 Laboranalysen

Laboranalysen sind stark kostenbestimmend. In aktuellen Projekten werden häufig Analysen gemäss Tabelle 5 durchgeführt.

Die Kostenschätzung im Kapitel 14 basiert auf dem Analysenprogramm ohne Kationenumtauschkapazität - aber mit 4 beprobten Horizonten pro Bodenprofil. Häufig wurde das billigste Labor berücksichtigt. Dabei wurden auch Nachteile wie z.B. eine eher langsame Bearbeitung, welche die Bereinigung der Profilaufnahmen bremste, in Kauf genommen.

Bodenphysikalische Analysen (z.B. Porengrössenverteilung, Dichte usw.) können für bestimmte Fragestellungen aufschlussreich sein. Da sie kostspielig sind, werden sie meist ausgeklammert.

Tabelle 5:  
Übliches Analyseprogramm

Parameter	Anzahl Analysen
Feinerdekörnung	3 Horizonte pro Profil
Organische Substanz	3 Horizonte pro Profil
pH (CaCl <sub>2</sub> ) oder Kalk-Gehalt	3 Horizonte pro Profil
Kationenumtauschkapazität	2 Horizonte in jedem 5. Profil

#### Empfehlung

4 beprobte Horizonte pro Bodenprofil, um mit den spektroskopischen Analysemethoden des KOBO eine verbesserte Grundlage für weitere Phasen der Bodenkartierung zu erzielen.

## 9.8 Projektorganisation, Qualitätssicherung (organisatorische Schnittstellen)

Die aktuelle Praxis kantonaler Bodenkartierungen beinhaltet häufig ein externes Projektmanagement und eine externe Qualitätssicherung. Vor allem die externe QS ist erfahrungsgemäss eine sehr sinnvolle Dienstleistung. Sie führt leider teilweise dazu, dass kartierende Büros ihre eigene QS weniger ernst nehmen und diese externalisieren.

Im vorliegenden Fall kann u.E. auf die externe QS verzichtet werden, weil das Projekt einen (eher) geringen Umfang hat und allenfalls eine Garantiepflicht zur Sicherstellung der erforderlichen Qualität eingeführt werden kann. Eine minutiöse und transparente Qualitätssicherung, welche der Auftraggeberschaft und ggf. auch dem KOBO Rechenschaft über die Prozesssteuerung und über die bodenkundliche Qualität der Produkte bietet, ist unabdingbarer Projektbestandteil. Allenfalls können bestimmte Prozesse und Produkte durch eine externe QS kontrolliert werden. Das muss im Zuge der Ausschreibung der Bodenkartierung definiert werden.

In anderen Bodenkartierungsprojekten erfolgt die Digitalisierung der Bodenkarten teilweise durch die GIS-Stelle der Auftraggeberschaft. Diese Schnittstelle ist unnötig, weil die unvermeidbaren Korrekturen auf diese Weise einen hohen Koordinationsaufwand verursachen und bei unterschiedlichen Akteuren ggf. unterschiedliche Versionen vorliegen. Wir gehen in der Kostenschätzung (Kapitel 14) davon aus, dass die Mandanten das fertige Produkt abliefern, damit sie selber die Plausibilitätsprüfungen mit vorgegebenen Standards ausführen können.

#### Empfehlung

Qualitätssicherung internalisieren - Transparenz einfordern - Garantiepflicht einführen - Schnittstellen und Overhead minimieren

## 9.9 Kartierungsperiode

Gemäss der heute eingespielten Praxis finden die Kartierungen, den administrativen Prozessen der kantonalen Verwaltungen gehorchend, in einem sehr engen Zeitrahmen statt. Der Projektstart ist

in der Regel im Mai, die Aufnahme der Bodenprofile findet im August und September statt. Kartiert wird in den Monaten September bis Dezember.

Die besten Kartierzeiten sind in der Regel März bis Juni und August bis Oktober. Limitierend für den Kartierungsfortschritt und für die Qualität sind:

- Tageslänge
- Landwirtschaftliche Kulturen
- Trockenheit
- Regen
- Lichtverhältnisse
- Schnee

In Futterbaugebieten der Bergzonen (vorliegender Perimeter) dürfte allenfalls der Sommer die besten Voraussetzungen bieten. Ein starrer und enger Zeitplan für Bodenkartierungen führt häufig zu Arbeitsspitzen und zu organisatorisch bedingtem Arbeitsstillstand. Grössere terminliche Freiheiten führen zu besserer Organisation der Arbeitskräfte und damit zu Kosteneinsparungen.

#### **Empfehlung**

Freiheit in der zeitlichen Gestaltung der Arbeiten einräumen - Meilensteine durch Mandanten definieren lassen und kontrollieren bzw. einfordern. Abgabetermine ggf. mit Konventionalstrafen sichern.

### **9.10 Vorhandene Bodeninformationen**

Die Dichte und Qualität der bestehenden Bodeninformationen im zu bearbeitenden Gebiet ist ein wesentlicher Kostenfaktor. Je weniger Bodendaten und je älter oder unvollständiger die vorhandenen Bodendaten, desto höher ist der Aufwand, um Daten im Feld zu erheben.

Im zu kartierenden Gebiet der Gemeinde Glarus Süd liegen nur wenige Bodeninformationen vor (Kapitel 5), weshalb wir hier kein Sparpotential erkennen.

#### **Empfehlung**

Vorhandene Bodeninformationen digital zur Verfügung stellen

### **9.11 Bewertung des Spielraums für Kosten-Einsparungen**

Tabelle 6 zeigt im Überblick, wie wir den Spielraum für Kosteneinsparungen für die Bodenkartierung Glarus Süd einschätzen.

Tabelle 6:  
Kosten-Spielraum für die BOKA Glarus Süd

Kostenfaktor	Spielraum für BOKA Glarus Süd
Qualitätsanspruch (-Arbeitstechnik)	mittel
Fläche	gross
Geländegestalt	sehr gering
Massstab	gering
Losgrössen ; Länge der Losgrenzen (geographische Schnittstellen)	gross
Profildichte	gering
Laboranalysen	gering
Projektorganisation, Qualitätssicherung (organisatorische Schnittstellen)	gross
Kartierungsperiode	gering
vorhandene Bodeninformation	sehr gering

## 10 METHODISCHER LÖSUNGSANSATZ

### 10.1 Methodische Optionen

Es stehen derzeit vier methodische Ansätze auf Basis der Grundprinzipien der Bodenkartierung (Kapitel 6) zur Verfügung. Diese sind in Tabelle 7 summarisch miteinander verglichen und im folgenden Kapitel kommentiert.

Tabelle 7:  
 Methodenvergleich von 4 Lösungsansätzen

Methode	Dichte Bohrpunkte Repräsentativität	Bodeninformation am Bohrpunkt	Auswahl Bohrpunkt	Flächendaten	methodische Reife	Kosten für Gebiet Glarus Süd
empirische Kartierung gemäss FAL 24+	Dicht Erlaubt repräsentatives Bild	Unterschiedlich vollständig, nicht georeferenziert, nicht in Datenbanken Gemäss Kenntnis der lokalen Bodenbildungsfaktoren Viele Parameter geschätzt	Gemäss örtlicher Einschätzung	Polygonbezogen, Zusammengefasst aus verschiedenen Bohrungen	ausgereift	Sehr hoch
Gliederung in Polygone; Aufnahme von mindestens 2 georeferenzierten Punkten pro Polygon, Definition eines Flächendatensatzes FAL 24+	Nur mindestens 2 pro Polygon Erlaubt repräsentatives Bild (mit allfälligen ergänzenden Bohrungen)	Vollständig aber aggregiert für Flächendatensatz, georeferenziert, in Datenbanken verfügbar Gemäss Kenntnis der lokalen Bodenbildungsfaktoren Viele Parameter geschätzt	Gemäss örtlicher Einschätzung	Polygonbezogen, Zusammengefasst aus den georeferenzierten Bohrungen	Erprobt; ± ausgereift	hoch
Geostatistische Modellierung (DSM)	Eher dünn Repräsentativität jeder Bohrung unbekannt	Horizontweise vollständiger Bodendatensatz Ohne Kenntnis der lokalen Bodenbildungsfaktoren Viele Parameter geschätzt	Systematisch ausgewählt; Bohrpunkte ggf. ungünstig in den Kulturen gelegen	Geostatistisch modelliert	Für grobe Massstäbe erprobt; für den Zielmassstab in intensiver Entwicklung	Mutmasslich tiefer - abhängig von Bohrdichte
Modellierung auf der Basis eines minimalen Bodendatensatzes und von Bodenbildungsfaktoren	Dicht Erlaubt repräsentatives Bild	Minimaler Bodendatensatz Gemäss Kenntnis der lokalen Bodenbildungsfaktoren Weniger geschätzte Parameter	Gemäss örtlicher Einschätzung	Aufgrund der Bodenbildungsfaktoren und des minimalen Bodendatensatzes für Polygone modelliert	Nicht erprobt	Mutmasslich tiefer

## 10.2 Abwägung

### 10.2.1 Option 1: Kartierung gemäss FAL 24+

Die erste Option verwerfen wir aus Kostengründen (Ausführungen im Kapitel 9.1).

### 10.2.2 Option 2: Gliederung in Polygone; Aufnahme von mindestens 2 georeferenzierten Punkten pro Polygon, Definition eines Flächendatensatzes FAL 24+

Die zweite Option stellt eine Rückfallposition dar (Kapitel 12.1.3). Der Kanton St. Gallen verfügt über einige Erfahrung mit dieser Methode.

### 10.2.3 Option 3: Geostatistische Modellierung (DSM)

Die dritte Option setzt sich allenfalls in der Schweiz in den nächsten 5 bis 10 Jahren durch, weil sie teilweise unbestrittene Vorteile bietet. Der Autor des vorliegenden Konzeptes beurteilt den Ansatz aber aufgrund folgender Erfahrungen als kritisch:

- Die Organisation solcher Modellierungsprojekte ist extrem arbeitsteilig, weil die Datenanalysen und Modellierungen durch Geostatistik-Fachleute gemacht werden, während die BodenkundlerInnen mehrheitlich ohne Gebietskenntnisse an einen bestimmten Punkt im Gelände geschickt werden, um dort die möglichst präzise (in Ermangelung der Kenntnisse der boden-genetischen Zusammenhänge de facto häufig scheinpräzise) Bodenbeschreibung vorzunehmen.
- Bodenbeschreibungen sind ohne intensive Auseinandersetzung mit den lokalen Bodenbildungsfaktoren, Bodenbildungsprozessen und der ortsspezifischen Ausprägungen der Böden sowie der kleinräumigen Unterschiede häufig nicht genug zuverlässig, um daraus, in der Annahme, es handle sich um bestmögliche Daten, von einer Punktaufnahme Bodeneigenschaften für grosse Flächen zu modellieren.
- Die extreme Arbeitsteilung ist voraussichtlich nicht nachhaltig, weil die BodenkundlerInnen zu reinen FeldarbeiterInnen und DatenlieferantInnen werden und bei schlechtem Wetter und in Trockenperioden sowie im Winter keine Feldarbeiten erledigen können - also saisonal arbeitslos werden.
- Diese Saisonalität zusammen mit der Beschränkung auf eine ganz isolierte Aufgabe stellt für naturwissenschaftlich orientierte Fachleute kein attraktives Jobprofil dar. Wenn sich solche Fachpersonen überhaupt finden lassen, so werden sie diese körperlich anstrengende Arbeit aller Voraussicht nach nicht lange ausüben. Dies hat zur Konsequenz, dass die mutmasslich bestmöglichen Bodendaten stets von AnfängerInnen stammen. Deshalb ist eine grosse Diskrepanz zwischen Anspruch und Wirklichkeit zu erwarten.
- Bodenkundliche Aufnahmen erfordern eine sehr lange Ausbildung, um all die möglichen Beobachtungen korrekt bezeichnen und beschreiben zu können. Der Autor dieses Konzeptes lernt auch mit 35 Jahren Bodenkartierungserfahrung Phänomene kennen, die erst nach

gründlicher Auseinandersetzung mit dem jeweiligen Naturraum und seinen Bodenbildungsfaktoren mit einiger Sicherheit richtig und standortkundlich plausibel zugeordnet werden können.

Aus diesen Gründen erachten wir dieses Vorgehen als riskant.

#### 10.2.4 Option 4: Kartierung eines minimalen Bodendatensatzes und Berechnung Bodenkenngrößen auf der Basis von bekannten von Bodenbildungsfaktoren

Vor diesem Hintergrund und angesichts der laufenden Vorbereitungsarbeiten für eine schweizweite Bodenkartierung suchen wir nach einer methodischen Option, welche:

- Die beeindruckenden Chancen der Modellierung auf Basis bestehender Geodaten (Gelände, Luftbilder, Infrarot etc.) nutzt
- eine effektive Kartierung mit einem dichten Bohrnetz sicherstellt
- mit der Kombination von umfassenden Analysen von Bodeneigenschaften an Bodenprofilen, die Reduktion der Feldaufnahmen auf einen minimalen Bodendatensatz ermöglicht
- dank flächendeckender Feldarbeit ein Korrektiv für die modellierte Stratifizierung enthält
- im ganzen Prozess eine intensive Auseinandersetzung mit der Pedogenese beinhaltet
- ein mutmasslich nachhaltiges Berufsbild sichert

Die hier skizzierte vierte Option basiert auf folgenden Feststellungen für den Perimeter in Glarus Süd:

- Naturfutterbau herrscht im Gebiet vor. Die Vegetation - vor allem Vegetationsunterschiede in einer gleich bewirtschafteten Fläche - manifestiert Eigenschaften des Bodens. Gebiete mit unterschiedlicher Vegetation können mit Luftbildern verschiedener Zeitpunkte identifiziert und abgegrenzt werden. Sie stellen eine Basis zur Abgrenzung von Bodenpolygonen dar.
- Eine weitere Basis für die Abgrenzung von Bodenpolygonen sind differenzierte Analysen der Geländegestalt (Form, Steilheit, Exposition).
- Die meisten Standorte sind geprägt durch Prozesse der Schwerkraft (Hangprozesse, Erosion und Sedimentation)
- Die verschiedenen Täler (Einzugsgebiete) weisen Kombinationen von Ausgangsmaterialien auf, deren prozentualer Anteil für jedes Einzugsgebiet charakteristisch ist.
- Durch die Transportprozesse fand eine Homogenisierung dieser Ausgangsmaterialien statt. Deshalb weist jeder Schuttfächer oder jedes Kolluvium ein spezifisches Gemisch von Lockergestein auf.
- Diese sedimentierten Gemische sind wegen der Steilheit der Einzugsgebiete häufig grobkörnig, was die Bildung von normal perkolierenden Böden begünstigt.
- Das schuttfächerspezifische Gemisch ist Ausgangspunkt für die lokal spezifische Verwitterungsgeschwindigkeit und für die lokal spezifischen Verwitterungsprodukte.
- Die Verwitterungsgeschwindigkeit ist abhängig vom Relief (Geländeform und Exposition) und vom Mikroklima.

Aufgrund dieser Feststellungen gehen wir davon aus, dass sich mit den Relieffaktoren einzugsspezifische Algorithmen entwickeln lassen, um z.B. vom Ausgangsmaterial, der Entkarbonatungstiefe, Hydromorphie und ungefähren Angaben zum Grobskelett weitere Bodeneigenschaften zu ermitteln wie:

- Ton- und Schluffgehalt
- pH-Wert
- Gehalt an organischer Substanz
- Bodengefüge
- Pflanzennutzbare Gründigkeit

Die hier aufgeführten Parameter werden in der aktuellen Kartierungspraxis anlässlich der Flächenkartierung und bei Bodenbeschreibungen mit Feldmethoden geschätzt. Sie sind mit einer gewissen Subjektivität oder Ungenauigkeit behaftet. Im Vorgehen gemäss dieser 4. Option werden sie in Kenntnis vieler Bodenprofilaten rechnerisch ermittelt. Die berechneten Grössen dürfen also auch eine gewisse Ungenauigkeit aufweisen, ohne ungenauer zu sein als die erhobenen Werte.

Die Relieffaktoren, abgeleitet aus dem digitalen Geländemodell (DGM) bilden zusammen mit Luftbildauswertungen der Vegetation die Basis für die Abgrenzung von Bodenpolygonen.

Im aktuellen Kontext schlagen wir dieses Vorgehen vor (Kapitel 11), weil es mit grosser Wahrscheinlichkeit neue Erkenntnisse für die Bodenkartierung der Schweiz - insbesondere für Gebirgstäler bringt. Dieses Vorgehen hat deshalb nicht nur Dienstleistungscharakter sondern auch einen starken Forschungsaspekt, weshalb die Finanzierung nicht allein durch Trägerschaften im Kanton Glarus erfolgen kann. Vielmehr ist ein Kostenteiler mit Bundesstellen anzustreben (Kapitel 14.5).

## 11 KONZEPT ZUR BODENKARTIERUNG GLARUS SÜD

### 11.1 Wahl und Begründung

Wir empfehlen, gemäss der im Kapitel 10.2.4 skizzierten Option 4 vorzugehen.

Das dort skizzierte Vorgehen verspricht neben der technischen Innovation ein günstiges Verhältnis zwischen Produktqualität und Aufwand. Der Kanton Glarus erhält flächendeckende Bodendaten für die Gemeinde Glarus Süd, die einerseits kompatibel sind mit der bestehenden kantonalen Bodenkarte und andererseits gegenüber dem heute üblichen Vorgehen wesentlich günstiger sind. Im Hinblick auf die Bodenkartierung der Schweiz gibt es ein grosses Interesse, in den nächsten Jahren mit methodischen Neuerungen Erfahrungen zu sammeln (Kapitel 2.2). Das KOBO unterstützt diverse Pilotprojekte mit Fachwissen, Infrastruktur und Dienstleistungen, um in den nächsten Jahren die Integration neuer Methoden in die Bodenkartierung zu testen und zu optimieren.

### 11.2 Stufenweises Vorgehen

Aufgrund der Rahmenbedingungen und des zum Teil methodischen Neulands empfehlen wir ein 3-stufiges Vorgehen (Tabelle 8). Dieses orientiert sich sehr stark am Vorgehen gemäss Kapitel 3.3 der thematischen Synthese zum NFP 68 [1]. Zunächst sollen in einem Vorprojekt die Grundlagen über die Bodenbildungsfaktoren verbessert werden. Danach sollen die spezifischen Erkenntnisse in einem Pilotprojekt angewandt werden, um ggf. die Methode noch verbessern zu können, bevor schliesslich das Restgebiet kartiert wird.

Tabelle 8:  
3-stufiges Vorgehen

Phase	Ziele	Zeitbedarf	Jahr
Vorprojekt (Forschung)	Grundlagenbeschaffung, Aufbereitung Verbesserte Kenntnisse der Bodenbildungsfaktoren (insbesondere Ausgangsmaterial, Relief, Mikroklima) Projekthandbuch zur Konkretisierung des technischen und organisatorischen Vorgehens	1 Jahr	2022
Pilotprojekt (Bodenkartierung 3.4 Teilgebiete)	Bodenkartierung in 3 bis 4 Teilgebieten Prüfung und Optimierung der Methoden und Abläufe Bereinigtes Projekthandbuch	1 Jahr	2023
Bodenkartierung	Fertige Bodenkarte	Ca. 2 Jahre	2024-2025

## 11.3 Technische Grundzüge

### 11.3.1 Überblick

Aus den in den Kapiteln 5 bis 10 vorgestellten Überlegungen empfehlen wir das Vorgehen, wie es in den Grundzügen in Tabelle 9 dargestellt ist. Dabei wird vom Vorgehensstandard FAL 24+ teilweise abgewichen, indem Polygongrenzen grossmehrheitlich auf der Basis von verfügbaren Geoinformationen festgelegt werden und die Datensätze in einem iterativen Prozess aus Feldarbeit und Datenanalysen erarbeitet werden.

Tabelle 9:  
Grundzüge des Kartierungsvorgehens

Leitlinie	Begründung
Umfassende Auswertung verfügbarer Geodaten	Verfügbare Geodaten möglichst nutzen, um die Feldarbeit zu minimieren und um die Erstellung der Bodenkarte zu objektivieren.
Bodenprofile 1 Stk./15 Hektaren	1 Profil / 15 Hektaren liegt in der Norm FAL 24 (dort: 1 Stk. Pro 10-15 ha). Der Perimeter ist nicht sehr gross, weshalb die Profildichte nicht stark ausgedünnt werden kann.  Zudem stellen nachvollziehbare Daten aus Bodenprofilen die unverzichtbare Basis für die algorithmengestützte Vervollständigung der Geodaten dar.
Flächendeckende Feldarbeit	Es existieren derzeit keine Erfahrungen, dass darauf verzichtet werden könnte - die verfügbaren Geodaten (insbesondere Ausgangsmaterial für die Bodenbildung) sind zu lückenhaft.
Feldarbeit verkürzen durch: Vorgängige Abgrenzung der Bodenpolygone auf Basis der verfügbaren Geodaten Versuch zur Reduktion der Feldaufnahmen auf einen minimalen Datensatz Rechnerische Ermittlung einzelner Bodeneigenschaften	Die Feldarbeit (wichtigster Kostenfaktor) soll vereinfacht werden. Gezielte Auswertungen von Geodaten und von im Feld erhobenen Daten sollen den Kartierungsprozess und die Generierung eines vollständigen Datensatzes unterstützen.  Der Versuch zur Reduktion der Feldaufnahmen auf einen minimalen Datensatz soll im Pilotprojekt unternommen werden.  Aus den minimalen erhobenen Bodendaten sollen mit geeigneten (örtlich eruierten) Algorithmen weitere Bodeneigenschaften rechnerisch ermittelt werden.

### 11.3.2 Umfassende Auswertung verfügbarer Geodaten

Mittlerweile liegen sehr viele Geoinformationen digital und georeferenziert vor. Diese sollen neben den bestehenden Bodeninformationen bestmöglich genutzt werden, um die Feldarbeit zu erleichtern und um zu möglichst nachvollziehbaren Bodeninformationen- insbesondere Polygongrenzen – zu kommen.

Wir erachten diese Neuerung im vorliegenden Perimeter aus folgenden Gründen als angemessen und wichtig:

- Im Naturfutterbaugesamt differenzieren Luftbilder und Falschfarbenbilder (z.B. Infrarot) Gebiete mit unterschiedlichen Bodeneigenschaften häufig gut.
- Das Gelände ist stark strukturiert und hat sehr viel mit der Bodenbildung zu tun. Auswertungen des digitalen Geländemodells (DGM) sollten ein gutes Abbild der bodenrelevanten, topographischen Verhältnisse geben.
- Die neue Bodenkarte muss nicht dem Standard entsprechen, der für den FFF-Nachweis erforderlich ist.

Im Anhang 3 ist dargestellt, welche Datengrundlagen verfügbar sein sollten und zu welchen Zwecken sie ausgewertet werden sollen. Die Datenbeschaffung und die systematischen Auswertungen sind mit erheblichem Aufwand verbunden. Wir gehen derzeit von der Annahme aus, dass sich das nicht nur qualitativ sondern auch finanziell lohnt. Die rationellen Auswertungsverfahren sind noch wenig standardisiert. Wir gehen aber davon aus, dass der Kanton Glarus für eine Bodenkartierung in verschiedener Hinsicht Unterstützung durch das KOBO erhält. Seitens KOBO sind hierzu in anderen Projekten mehrere Services angedacht wie:

- Bereitstellung von Reliefanalysen (Terrainattribute)
- ausgewählte Produkte aus der Nah- und Fernerkundung, die für die Bodenkartierung nützlich sind
- Werkzeuge zur digitalen Erfassung von Bodeninformationen im Feld
- teilweiser Ersatz von Laboranalysen durch spektroskopische Bodenanalysen

Eine besondere Vorleistung (ggf. des Kantons Glarus - oder anderer Stellen wie das KOBO), die im Anhang 3 aufgeführt ist, besteht in der Vektorisierung der historischen Landkarten und Auffälligkeiten in alten Luftbildern.

### 11.3.3 Bodenprofile: 1 Bodenprofil alle 15 Hektaren

Wir gehen davon aus, dass dank der Bearbeitung von grösseren Gebieten die Profildichte gegenüber dem Standard FAL 24, der für Projekte auf Gemeindeebene ausgelegt wurde, leicht verringert werden kann. Eine geringere Profildichte als 1 Stück pro 15 Hektaren empfehlen wir aus folgenden Gründen aber nicht:

- Der Perimeter ist stark zerstückelt in sehr viele Landschaftskammern mit eigenen Bodenbildungsfaktoren
- Der Perimeter besteht im Wesentlichen aus schmalen Streifen (total ca. 30 Kilometer) - ideal wäre eine Kreisfläche.

### 11.3.4 Flächendeckende Feldarbeit

Aufgrund unserer Erfahrungen aus 34 Jahren Bodenkartierung ist die flächendeckende Feldarbeit unerlässlich, um allfällige «Überraschungen» der Bodeneigenschaften zu erfassen. Die Erarbeitung einer Bodenkarte ist eine historische Chance und soll deshalb möglichst zuverlässige und belastbare Bodendaten liefern. Zudem erachten wir es als wichtig, dass die Kartierenden im Feld:

- an vielen Punkten bohren, um ein möglichst gutes Gesamtbild über ein Polygon zu erhalten
- die Bohrpunkte selber (auf Basis der verfügbaren Geoinformationen und der Kulturen, der Vegetation etc.) bestimmen, um repräsentative Daten zu erhalten.

### 11.3.5 Verkürzte Feldarbeit

Die Vielzahl verfügbarer Geodaten soll zusammen mit den Erkenntnissen aus den Bodenprofilen verwendet werden, um Polygone nachvollziehbar abzugrenzen. Wir gehen allerdings davon aus, dass die Abgrenzung zusätzlicher Polygone anlässlich der Feldarbeit erforderlich ist.

Die Feldarbeit bzw. die Aufnahme eines vollständigen Datensatzes (derzeit gemäss Standard FAL 24+ (38 Parameter)) ist aufwendig und zeitraubend. Im Glarnerland ist die Kartierarbeit erschwert durch:

- steiles Gelände
- kürzere Vegetationszeit als im Mittelland
- häufigen Niederschlag

Deshalb soll der Versuch zur Reduktion der Feldaufnahmen auf einen minimalen Datensatz unternommen werden. Wenn der Zeitbedarf pro Bohrung von heute ca. 20 Minuten (inkl. Displacement) auf ca. 5 bis 10 Minuten verkürzt werden kann, ist das eine erhebliche Ersparnis.

Einzelne Parameter werden heute während der Feldarbeit geschätzt:

- Humusgehalt
- Ton- und Schluffgehalt
- Skelettgehalt
- pH-Wert (ungefähre Messung mit Indikatorlösung)
- Bodengefüge
- pflanzennutzbare Gründigkeit

Diese Schätzungen sind per se ungenau und eher zeitraubend und können allenfalls - in ähnlicher Genauigkeit - rechnerisch ermittelt werden. Die Datenanalysen der Bodenprofile sollen die Möglichkeiten zur algorithmengestützten Vervollständigung der Datensätze (z.B. mit den oben genannten Parametern) aufzeigen. So soll aufgezeigt werden, welche Parameter zwingend zu erheben und welche Parameter mit welcher Genauigkeit herzuleiten sind. Auf diese Weise könnten die Kartierfachleute teilweise entlastet werden, um sich besser auf die Abgrenzung von Bodenteilflächen (die eigentliche Kartierarbeit) konzentrieren zu können. Schlimmstenfalls muss dieser Rationalisierungsschritt spätestens nach dem Pilotprojekt fallen gelassen werden. Wir erachten das aber als unwahrscheinlich, weil mindestens im durch Hang- und Fließprozesse stark homogenisiertem Lockergestein klare Korrelationen zwischen verschiedenen Bodeneigenschaften wie z.B. Entkarbonatungstiefe und pflanzennutzbarer Gründigkeit und Versauerungszustand, Humusgehalt usw. zu erwarten sind.

Tabelle 10:  
Arbeitshypothese: zu erhebende bzw. rechnerisch zu ermittelnde Bodeneigenschaften

Zu erheben	rechnerisch zu ermitteln
Hydromorphie	Wasserhaushalt
Ursache Hydromorphie	Skelettgehalt
Karbonatgrenze	Ton- und Schluffgehalt
Schichtung	Humusgehalt
Ausgangsmaterialien	pH-Wert
	Bodengefüge
	pflanzennutzbare Gründigkeit
	Wasserhaushaltsgruppe

## 11.4 Übergeordnete Vorbereitungsarbeiten

### 11.4.1 Breite Abstützung der Bodenkartierung

#### Ziel

Die Bodenkartierung soll in Landwirtschaftskreisen voll akzeptiert sein, damit der Projektbearbeitung möglichst wenige Hindernisse im Wege stehen.

#### Aufgabe

Als Vorbereitung der Bodenkartierung soll die Unterstützung der Gemeinde, des Bauernverbandes, des Amtes für Landwirtschaft und weiterer Amtsstellen gesichert werden. Diesen Stellen soll die Aufgabe zukommen, die Landwirte regelmässig auch in ihrem Namen über das Vorhaben zu orientieren und die Landwirte um Unterstützung der Bodenkartierung zu bitten. Allenfalls ist der Rechtsrahmen darzustellen, der grundsätzlich derartige Erhebungen im privaten Grundbesitz zulässt.

Zu Beginn und während der Bodenkartierung empfehlen wir aus unserer Erfahrung, mindestens eine Informationsveranstaltung durchzuführen. Diese fördert das gegenseitige Verständnis und gerät weniger schnell in Vergessenheit als Orientierungsschreiben. Die ortsbezogen wiederholte Durchführung solcher Anlässe ist ggf. nötig, weil sich die Sachbearbeitung im Feld immer über lange Zeit erstreckt und weil die BodenkartiererInnen nicht überall gleichzeitig in Erscheinung treten können. Die Bewirtschafter haben nach längerer Ortsabwesenheit (z.B. nach der Dokumentation von Profilgruben) der Kartierenden häufig den Eindruck, dass die Feldarbeit abgeschlossen sei. Entsprechend ungehalten sind zuweilen die Reaktionen der Landwirte im Zuge eines Wiedersehens auf ihrem Land.

Die erste Informationsveranstaltung soll zudem genutzt werden, um Informationen zu Terrainveränderungen zu erhalten. Bewirtschafter und Eigentümer haben i.d.R. die besten Kenntnisse von solchen Bodenveränderungen, welche die Kartierarbeit stark erschweren, weil die so entstandenen Böden regional untypisch sind aber trotzdem oft nicht sofort als veränderte Böden erkannt werden können.

**Zuständigkeit**

Auftraggeberschaft

**Bedeutung dieses Bearbeitungsschrittes**

Diese Öffentlichkeitsarbeit ist u.E. essentiell. Andernfalls sind Budgetpositionen zum Arrangieren (oder zur Schlichtung) mit Landwirten vorzusehen.

**Budgetierung**

Diese Kosten sind in der Kostenschätzung im Kapitel 14 nicht enthalten.

**11.4.2 Bereinigung Perimeter**

In der vorliegenden Konzeptstudie wurden Geodaten im Massstab 1:50'000 verarbeitet. Für konzeptionelle Aussagen ist das ausreichend. Für die Erarbeitung einer Bodenkarte im Massstab 1:5'000 ist indessen eine minutiöse Abgrenzung des Bearbeitungsperimeters erforderlich, da sich alle Leistungen auf ein verbindlich festgelegtes Gebiet beziehen.

Diskussionen zur detaillierten Abgrenzung des Perimeters während der Kartierarbeit führen erfahrungsgemäss zu (vermeidbaren und) unverhältnismässigen Mehrkosten und sind zu vermeiden.

**Ziel**

Für die Erarbeitung der Bodenkarte muss der Perimeter genau und verbindlich festgelegt werden – möglichst auf der Basis der aktuellsten Version der amtlichen Vermessung und/oder aktueller Luftbilder sowie der offiziellen Wald-Feststellung.

**Aufgabe**

Der Perimeter wird präzise definiert. Es wird, wie in Abbildung 1 veranschaulicht, für jeden Perimeter Einzelfall-Entscheide brauchen:

- Um an den landwirtschaftlichen Zonengrenzen vertretbare und praktikable Perimetergrenzen zu definieren.
- Bewusstes Festlegen, welche Kleinflächen zu kartieren bzw. nicht zu kartieren sind.

Abbildung 1:  
Beispiel der aktuellen, groben (zu bereinigenden) Abgrenzung des Perimeters (Beispiel Ampächli, Elm)



### **Zuständigkeit**

Auftraggeberschaft

### **Bedeutung dieses Bearbeitungsschrittes**

Die einwandfreie Definition des Perimeters (im Bearbeitungsstab) ist die Basis für alle weiteren Bearbeitungsschritte. Der Perimeter stellt den Rahmen für jede Sachbearbeitung dar. Das beginnt mit der Budgetierung, für welche die Grösse des Perimeters aber auch seine räumliche Gliederung entscheidend sind. In der Kartierungspraxis zeigt sich zu oft, dass die Perimetergrenzen zu ungenau/unsorgfältig festgelegt sind und auf der Basis der Feldarbeit angepasst werden müssen, obwohl in vielen Fällen die Verwendung einer geeigneten Grundlage möglich und zielführend gewesen wäre. Da der Perimeter sowieso vorgegeben werden muss, soll er so präzise wie möglich definiert werden – sonst muss er zweimal abgegrenzt werden, was u.E. ineffizient ist.

### **Budgetierung**

Diese Kosten sind in der Kostenschätzung im Kapitel 14 nicht enthalten.

### 11.4.3 Recherche nach vorhandenen Boden- und Geoinformationen; Digitalisierung

#### Ziel

Die Ergänzung der Bodenkarte erfolgt auf der Basis von möglichst allen verwertbaren Bodeninformationen, um den Feld-Bearbeitungsaufwand zu minimieren und auf eine möglichst zuverlässige Grundlage abzustützen.

#### Aufgabe

Es sollen Datenrecherchen bei folgenden Akteuren erfolgen (Aufzählung ggf. unvollständig):

- kantonale Verwaltung (Baubewilligungen, UVB, usw.)
- landwirtschaftlicher Beratungsdienst
- NABO
- ggf. Hochschulen

Dabei gilt das Augenmerk zunächst folgenden Grundlagen:

- Bodeninformationen (Kapitel 5.2)
- anthropogen veränderte Flächen wie Terrainveränderungen, Skipisten-Planierungen, Leitungsbauten, Entwässerungen, Schutzbauwerke, KBS usw.
- NDVI und/oder Infrarot-Bilder möglichst von verschiedenen Zeitpunkten (insbesondere Sommer 2013 und 2018)
- geologischer Atlas, vektorisiert
- geologische Karte von C. Schindler vektorisiert
- Geocover vektorisiert
- Siegfried-Atlas vektorisiert
- ggf. weitere geologische oder geotechnische Karten

Wo Bodendaten verfügbar sind, soll sichergestellt werden, dass diese im GIS des Kantons Glarus als georeferenzierte Daten und nach Möglichkeit in der üblichen Datenstruktur gemäss üblichem Datenschlüssel verfügbar sind.

#### Zuständigkeit

Auftraggeberschaft (teilweise ggf. KOBO)

#### Bedeutung dieses Bearbeitungsschrittes

Dieser Schritt kann dazu beitragen, in bestimmten Gebieten mit weniger Feldarbeiten (Bodenprofile, Bohrungsaufnahmen) auszukommen. Zudem haben alle verfügbaren (und geprüften) Bodeninformationen einen positiven Einfluss auf die Qualität der flächenbezogenen Bodeninformationen im Endprodukt.

**Budgetierung**

Diese Kosten sind in der Kostenschätzung im Kapitel 14 nicht enthalten.

**11.4.4 Handbuch mit projektspezifischem Qualitätssicherungssystem****Ziel**

Zuverlässige und langfristig nutzbare Bodendaten erfordern einen hohen Standardisierungsgrad. Deshalb empfehlen wir die Ausarbeitung eines projektspezifischen Handbuchs. Aufgrund unserer Erfahrung mit grossen Bodenkartierungsprojekten stellt ein Handbuch eine unerlässliche Arbeitsgrundlage dar für:

- projektspezifische Abläufe
- die fachliche Bearbeitung
- das Qualitätssicherungssystem

Ziel ist eine methodische und organisatorische Basis für einen reibungslosen Ablauf und qualitativ hochwertige, nachvollziehbare Produkte.

**Aufgabe**

Erarbeitung eines Handbuchs inkl. QS-System.

Handbuch

Für Fachliches kann – mit Ergänzungen - auf aktuelle Werke verwiesen werden. Für die projektspezifischen Abläufe können einzelne Erfahrungen aus der Erarbeitung der Bodenkarte des Kantons Glarus genutzt werden. Und für das Qualitätssicherungssystem können im wesentlichen Erfahrungen verschiedener Kantone auf der Basis des Projekthandbuchs für die Bodenkartierung des Kantons Solothurn [6] sowie aus verschiedenen, anders organisierten Bodenkartierungen genutzt werden.

Qualitätssicherungssystem

Die Komplexität von Bodenkartierungsprojekten resultiert aus folgenden Faktoren:

- Es werden grosse, teilweise unübersichtliche Datenmengen genutzt, produziert und angepasst bzw. weiterverarbeitet. Fehler bleiben allenfalls lange unentdeckt.
- Die Bearbeitung erfolgt in einer langen Kette von kleinen und grossen Schritten – mit ihren spezifischen Fehlerquellen.
- Die Daten gehen durch verschiedene «Hände». Anders ausgedrückt: Es gibt verschiedene Schnittstellen, an denen Fehler passieren oder technische Probleme auftreten können.
- Häufig werden Bodendaten in grösseren Teams erarbeitet, deren Vorgehen bestmöglich vereinheitlicht werden soll.

**Zuständigkeit**

Auftraggeberschaft

**Bedeutung dieses Bearbeitungsschrittes**

Wir erachten es als essenziell, ein projektspezifisches Handbuch inkl. Qualitätssicherungssystem zu definieren und im Pilotprojekt zu testen. Dabei kann auf den Erfahrungen verschiedener Kantone und qualifizierter Fachbüros aufgebaut werden. Das QS-System (und die Projektorganisation) soll aber auf die spezifischen Gegebenheiten der Bodenkartierung Glarus Süd, die einen vergleichsweise geringen Projektumfang hat, ausgerichtet werden.

**Budgetierung**

Diese Kosten sind in der Kostenschätzung im Kapitel 14 enthalten.

## 11.5 Erfragen von veränderten Flächen

**Gebiete**

Alle Gebiete, die bearbeitet werden sollen.

**Ziel**

Wir erwarten im stark coupierten Gelände an verschiedenen Orten planierte oder aufgefüllte Böden - insbesondere auch Böden, die nach Murgängen angelegt wurden. Solche anthropogen veränderten Böden verursachen in der bodenkundlichen Kartierung erheblichen Mehraufwand. Möglichst schon für die Budgetierung der Bodenkartierung sollten die anthropogen veränderten Flächen bekannt sein. Wenn die Kartierenden die Grenzen solcher Böden im voraus grob kennen, erleichtert das ihre Aufgabe massgeblich. Ansonsten versuchen sie diese Böden als natürlich entstanden zu dokumentieren und finden kaum Wege, sie sinnvoll aufgrund ihrer vermeintlich natürlichen Bodenbildungsprozesse einzuordnen und zu charakterisieren.

**Aufgabe**

Es sind die Grenzen von anthropogen veränderten Flächen zu ermitteln und zu digitalisieren.

Da unseres Wissens die Quellen, die solche Informationen (nicht nur) im Kanton Glarus systematisch erfasst haben, sehr unvollständig sind, empfehlen wir, über die lokalen Landwirtschaftszuständigen an die Grundeigentümer und Bewirtschafter zu gelangen, um Hinweise auf folgende Veränderungen zu erhalten:

- Terrainveränderungen, Auffüllungen, Einebnung von Böschungen, Bodenwellen usw.
- Bauliche Veränderungen im Rahmen von Infrastrukturbauten (Strassen, Bahnlinien, Deponien, Materialabbaustellen, Räumungen von Runsen, Skipisten usw.)
- Zwischenzeitliche Inanspruchnahme von Flächen z.B. für Installationsplätze für Kraftwerksbauten usw.
- Anböschungen für Strassen oder im Zusammenhang mit Materialablagerungen

**Zuständigkeit**

Auftraggeberschaft

**Bedeutung dieses Bearbeitungsschrittes**

Dieser Bearbeitungsschritt ist sinnvoll, um den Kartierenden eine Orientierungshilfe zur Verfügung zu stellen. Er vereinfacht die Budgetierung und beschleunigt die Kartierarbeit - erhöht also die Kostensicherheit.

**Budgetierung**

Diese Kosten sind in der Kostenschätzung im Kapitel 14 nicht enthalten.

## 12 REALISIERUNG IN 3 PHASEN

Das im Kapitel 11 skizzierte Konzept sieht ein Vorgehen in 3 Schritten vor. In Tabelle 11 sind verschiedene Kenngrössen dieser Phasen gegenübergestellt.

Tabelle 11:  
Die 3 Phasen im Überblick

Name	Zweck	Charakter	Anzahl Bodenprofile	kartierte Fläche [ha]	Ort
Vorprojekt	Prüfung und Konkretisierung der Methode	Forschung	30	0	Offen (abhängig von Datenanalysen)
Pilotprojekt	Prüfung der Umsetzbarkeit, Test der Schnittstellen	Test Realisierbarkeit (Forschung und Dienstleistung)	40	ca. 400	3-4 Gebiete Je 1-2 im Grosstal und im Kleintal
Flächenkartierung	Flächendeckende Bodendaten	Dienstleistung	140	ca. 2'700	Glarus Süd

Die Gebiete, in denen das Vorprojekt Feldarbeiten vorsieht, sind noch nicht bekannt. Die Gebietswahl wird das Resultat von Analysen der verfügbaren Geoinformationen und vor organisatorischen Überlegungen. Folgende Gesichtspunkte spielen dabei eine grosse Rolle:

- Im Vorprojekt:
  - Auswahl einzelner geologischer Einzugsgebiete zu ihrer vertieften Kenntnis  
oder
  - Verteilung der Bodenprofilgruben möglichst über den ganzen Perimeter, um das ganze Spektrum zu kennen?
- Im Pilotprojekt:
  - Querschnitte durch das Gross- und das Kleintal mit Schwemmland und Hängen (z.B. der Abschnitt bei Diesbach erscheint prima vista geeignet)
  - Alpgebiete

### 12.1 Vorprojekt

#### 12.1.1 Inhalt des Vorprojektes

Das Vorprojekt dient einerseits der Aufbereitung und Nutzbarmachung der bestehenden Geoinformationen und andererseits der Prüfung des vorgesehenen Konzeptes. Die im Kapitel 11.3.5 formulierten Arbeitshypothesen sollen geprüft und das Konzept bei Bedarf angepasst werden.

Tabelle 12:  
 im Vorprojekt zu beantwortende Fragen

Themenblock	Fragen
Vorbereitung	Sind alle relevanten Grundlagen verfügbar und mit vertretbarem Aufwand digital aufzubereiten?
Datenanalysen	Sind die Datenanalysen optimal? Gibt es Sparpotential oder ggf. zusätzliche Daten, die genutzt werden sollen?
Bodenbildungsfaktor Ausgangsmaterial	Wie sind die Ausgangsmaterialien pro Einzugsgebiet zusammengesetzt? Wie homogen sind sie tatsächlich? Aufgrund welcher Parameter können verschiedene Einzugsgebiete verglichen bzw. differenziert werden?
Vorgehenskonzept	Können mit den vorliegenden Untersuchungen die Ausgangsmaterialien im Feld zuverlässig erkannt und dadurch die im Feld aufzunehmenden Daten minimiert werden? Welche Daten sind zur Weiterarbeit mit dem minimalen Datensatz erforderlich? Welches sind die Algorithmen, mit denen die Bodendaten auf der Basis des minimalen Bodendatendates generiert werden sollen? Führt das vorgesehene Vorgehen zur erhofften Erleichterung der Feldarbeit und zur Objektivierung der Polygongrenzen? Können tatsächlich viele Polygongrenzen bereits auf Basis der Datenanalysen festgelegt werden?
Handbuch	Welches sind spezifische Erfolgsfaktoren, die zwingend im Handbuch geregelt werden müssen?
Kosten	Sind Anpassungen an der bisherigen Kostenschätzung absehbar?
Produkt	Erhalten die entscheidenden Akteure (Gemeinde Glarus Süd, Kanton Glarus und Bundesstellen) jenes Produkt, das sie wünschen und erwarten?

### 12.1.2 Standortbestimmung, Vorgehensentscheid mit Kanton Glarus, KOBO, Bundesstellen

Zum Schluss des Vorprojektes sollen die Ergebnisse kritisch geprüft werden, um basierend auf den Erkenntnissen, den Entscheid für das weitere Vorgehen fällen zu können. Insbesondere geht es darum, ob die Bodenkartierung plangemäss fortgeführt oder das Vorgehen modifiziert werden soll. Im schlechtesten Fall erweist sich das Vorgehen nicht als zielführend. Dafür braucht es einen Plan B (Kapitel 12.1.3).

### 12.1.3 Plan B

Grundsätzlich ist es sinnvoll, wenn neue methodische Wege beschritten werden, einen Plan B verfügbar zu haben. Im Rahmen des vorliegenden Konzeptes wurde kein Plan B explizit ausgearbeitet. Da das Konzept aber flächendeckende Feldarbeiten (als wesentlichster Kostenfaktor) vorsieht, ist das Kostenrisiko eher gering. Der Kanton St. Gallen hat zur Aufarbeitung seiner landwirtschaftlichen Eignungskarten eine Methode angewandt, die eine reduzierte, flächendeckende Feldarbeit beinhaltet. Diese stellt derzeit eine gangbare Alternative dar (Kapitel 10.2.2).

## 12.2 Pilotprojekt

Aus folgenden Gründen empfehlen wir vor der Bodenkartierung im grossen Stil ein Pilotprojekt:

- Bodenkartierungen sind ganz allgemein komplexe Prozesse.
- Die Kartierung von Gebirgstälern kann/soll zielgerichtet und teilweise in Abweichung von den im Mittelland erprobten Methoden erfolgen. Einen Standard für diese Gebiete gibt es noch nicht.
- Die Abläufe an den Schnittstellen zwischen Auftraggebern und Mandanten sind auf die Erfordernisse der Auftraggeberschaft auszurichten.
- Nach der Optimierung der Methoden und der Projektorganisation kann hohe Kosten- und Terminalsicherheit für die Hauptbearbeitung erreicht werden.

Das Handbuch bzw. die Prozesse, Zuständigkeiten und Schnittstellen sollen einem ersten Praxistest unterzogen werden, um allenfalls vor den Routine-Arbeiten im grossen Stil noch Verbesserungen vornehmen zu können.

Tabelle 13:  
im Pilotprojekt zu beantwortende Fragen

Themenblock	Fragen
Vorbereitung	Sind alle relevanten Grundlagen verfügbar und mit vertretbarem Aufwand digital aufzubereiten?
Organisation	Funktionieren die Schnittstellen? In welchen Aspekten ist das Handbuch anzupassen?
Datenanalysen	Sind die Datenanalysen optimal? Gibt es Sparpotential oder ggf. zusätzliche Daten, die genutzt werden sollen.
Bodenprofile	Ist die vorgesehene Profildichte angemessen? Oder gibt es Sparpotential oder ggf. Bedarf nach einer höheren Profildichte?
Kartierungsarbeit	Führt das vorgesehene Vorgehen zur erhofften Erleichterung der Feldarbeit und zur Objektivierung der Polygongrenzen? Können tatsächlich viele Polygongrenzen bereits auf Basis der Datenanalysen festgelegt werden?
Handbuch	Welche Anpassungen am Handbuch sind erforderlich?
Kosten	Wie hoch sind die zu erwartenden Kosten effektiv?
Produkt	Erhalten die entscheidenden Akteure (Kanton Glarus, Gemeinde Glarus Süd, ggf. Bundesstellen) jenes Produkt, das sie wünschen und erwarten?

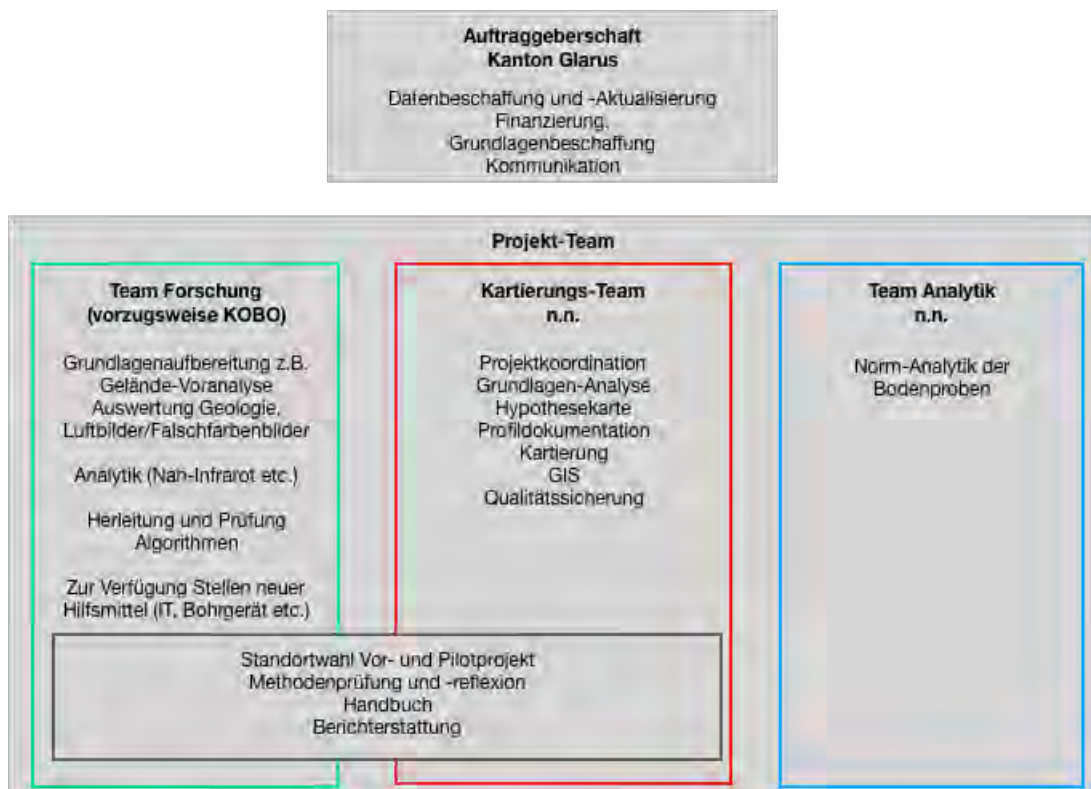
## 12.3 Kartierung

In der zwei Jahre dauernden Kartierungsphase (1. Jahr vornehmlich Bodenprofile; 2. Jahr flächendeckende Kartierung) sollen die flächendeckenden Bodeninformationen erarbeitet werden.

### 13 PROJEKTORGANISATION

Die Projektorganisation besteht aus der Auftraggeberschaft, und einem Projekt-Team, das aus einem Forschungsteam, einem Kartierungsteam und ein Analytik-Team (Labor) besteht (Abbildung 2). Das Forschungsteam besteht vorzugsweise aus Mitarbeitenden des KOBO. Ob das Labor vom Kartierungsteam bestimmt wird oder direkt durch die Auftraggeberschaft, ist zu definieren. Das Kartierungsteam ist zu definieren. Wettbewerbstechnisch und im Interesse der Sache ist es ggf. sinnvoll, das Kartierungsteam phasenweise zu finden. Zudem muss sichergestellt werden, dass das Kartierungsteam die vorgesehene Methode versteht und mitträgt - und ausreichend qualifiziert ist für diese besondere Aufgabe. In der Evaluation (mindestens in den beiden ersten Phasen) soll die Qualifikation ein wesentlich höheres Gewicht haben als der Preis. Für die dritte Phase ist ggf. eine öffentliche Ausschreibung erforderlich und der Preis erhält ein höheres Gewicht - unter Anwendung von streng definierten Eignungskriterien, um das Projektresultat nicht aufgrund finanzieller Erwägungen zu gefährden.

Abbildung 2:  
Projekt-Organigramm



## 14 KOSTENPROGNOSE / FINANZIERUNG

### 14.1 Übersicht

Die in Tabelle 14 aufgeführte Kostenschätzung geht von Gesamtkosten (inkl. Forschungsanteil) im Umfang von ca. 1.56 Mio CHF inkl. MWSt. aus. Das ergibt einen Hektarpreis von ca. CHF 505.- Zum Vergleich: eine Neukartierung kostet heute ca. CHF 530.- pro Hektare (Werte zwischen 420.- und 580.-). Die Einsparung gegenüber einer Neukartierung beträgt demnach ca. 5%.

Da ein Teil dieser Kosten auf Forschungsarbeiten entfällt, für die der Kanton Glarus nicht aufkommen muss, belaufen sich die Kosten für den Kanton Glarus auf ca. CHF 1'124'000.- bzw. CHF 362.-/Hektare mit einer Einsparung gegenüber heute üblichen Kosten von ca. 28 Prozent.

#### Nicht berücksichtigte Kosten

In der Kostenschätzung sind allerdings nicht alle Leistungen berücksichtigt. Ausgespart wurden Leistungen, die von kantonalen bzw. kommunalen Amtsstellen erbracht werden:

- Kosten des Projektmanagements durch die Auftraggeberschaft (intern oder extern).
- alle Leistungen, die im Anhang 3 als «Voraussetzungen» zusammengefasst sind
- alle Leistungen zur Beschaffung und Aufbereitung von Grundlagen gemäss Anhang 3
- Informationsaktivitäten gemäss Kapitel 11.4.1
- Leitungsabklärungen vor dem Graben der Bodenprofilgruben (Anhang 3)
- allfällige Interpretationen der bereinigten Bodeninformationen (Anhang 3)



## 14.2 Mögliche Unterstützung durch Dritte

Weil das Projekt zum Teil Entwicklungs- und Forschungscharakter hat, ist es möglich, dieses einerseits durch Eigenleistung des KOBO und andererseits durch Unterstützung des Bundes zu fördern.

Wenn KOBO und Bund dieses Projekt im geschätzten Umfang von 28% bzw. ca. CHF 440'000.- unterstützen, resultieren Gesamtkosten von ca. CHF CHF 1'124'000.- inkl. MWSt. bzw. ein Hektarpreis von CHF 362.-/ha und damit eine Einsparung von ca. 32 % gegenüber einem heute üblichen Hektarpreis.

Aufwendungen für die externe Qualitätssicherung sind nicht berücksichtigt, da angenommen wird, dass die QS im eher kleinen Projekt von der beauftragten Unternehmung erbracht wird und die Daten bis dann einer Garantiepflcht unterliegen werden.

Ob weitere technische oder organisatorische Einsparungen möglich sind, wird sich im Pilotprojekt zeigen.

## 14.3 Zuverlässigkeit der Kostenschätzung

Die getroffenen Annahmen sind u.E. bezogen auf das Preisniveau von 2021 grundsätzlich robust.

Heute wird für die Erarbeitung einer Bodenkarte im Mittelland zum Zweck des FFF-Nachweises mit Kosten von ca. CHF 530.-/ha gerechnet. Das skizzierte Vorgehen unterscheidet sich vom Standardvorgehen in zwei wesentlichen Elementen:

- Der Aufwand für Datenanalysen wird erhöht
- Der Aufwand für Feldarbeiten wird minimiert

## 14.4 Optionen zur Kostenreduktion / Kostenelastizität

### Einsparungen durch Internalisierung der Grab- und Rekultivierungsarbeiten

In der aktuellen Kostenschätzung werden die Grab- und Rekultivierungsarbeiten pro Bodenprofil mit ca. CHF 350.-/Profilgrube budgetiert. Wenn diese z.B. durch Gemeinde- oder Kantonsange-stellte übernommen werden, ergibt sich eine Ersparnis von CHF 70'000 - also ca. 5% der Gesamtkosten. Da diese Leistung gemäss unseren Annahmen vollständig durch den Kanton Glarus zu tragen ist, ergibt sich, gemessen am Kantonsbeitrag eine Einsparung von gut 6%.

### Einsparungen durch effizientere Kartierungsarbeit

In der aktuellen Kostenschätzung wird die Tagesleistung von Kartierenden auf ca. 12 Hektaren (Pilotprojekt 10 Hektaren) geschätzt. Das sind unsichere Schätzungen, da mit dem minimalen Bodendatensatz keine Erfahrungen existieren. Heute (Methode FAL 24+ im Mittelland) rechnen wir mit ca. 8 Hektaren pro Tag.

Falls sich die Hektarleistung pro Tag auf 18 Hektaren steigern lässt (Leistung im Pilotprojekt unverändert: 10 Hektaren), resultiert eine Ersparnis von ca. CHF 120'000 bzw. 8%. Da diese Leistung gemäss unseren Annahmen vollständig durch den Kanton Glarus zu tragen ist, ergibt sich, gemessen am Kantonsbeitrag eine Einsparung von ca. 10%.

### Einsparungen bei Beschränkung auf die Flächen der Priorität 1

Wenn statt 3'100 Hektaren nur 2'200 Hektaren (minus 30%) kartiert werden, reduzieren sich die Kosten nicht proportional. Die Kosten des Vorprojektes und des Pilotprojektes bleiben unverändert. Die Kosten für die Kartierung verändern sich schätzungsweise um ca. 20%.

Dadurch entstünde unter dem Strich wieder ein erhöhter Hektarpreis.

## 14.5 Finanzierung

Bodenkartierungen werden i.d.R. von Kantonen getragen. Es ist aber nicht Aufgabe der Kantone, methodische Innovation zu finanzieren. An der hier skizzierten Bodenkartierung mit starkem Innovationscharakter könnten neben dem Kanton Glarus und der Gemeinde Glarus Süd allenfalls folgende Institutionen ein Interesse haben:

- KOBO
- BAFU
- ARE
- BLW

Das KOBO hat grundsätzlich grosses Interesse an Bodenkartierungsprojekten mit Innovationscharakter (Kapitel 2.2) und kann diese allenfalls mit Leistungen unterstützen. Als Dienststelle des Bundes braucht das KOBO aber grünes Licht von Seiten des Bundes. In der hier aufgeführten Kostenschätzung haben wir die möglichen Leistungen des KOBO abgeschätzt und explizit ausgewiesen (Tabelle 14).

BAFU, BLW und ARE können das Projekt allenfalls im Rahmen des Programms Boden durch Übernahme von Forschungs- und Entwicklungskosten unterstützen.

Wir empfehlen, den «Anteil Forschung / Beteiligung Bund» durch den Bund finanzieren zu lassen, da es sich um Leistungen des Kartierungsteams handelt, welche der Methodenentwicklung dienen, von der der Bund, welcher die Methode(n) für die Bodenkartierung der Schweiz festlegen wird, profitiert.

Für die finanzielle Absicherung sind demnach drei Schritte erforderlich:

- Budgetsicherung im Kanton Glarus
- Unterstützungsantrag an das KOBO
- Antrag zur Finanzierung des Forschungsanteils an BAFU, BLW und ARE

**15 ANHANG**

<b>Anhang 1</b>	<b>Perimeter</b>
<b>Anhang 2</b>	<b>Punktdaten von Bodeneigenschaften in Glarus Süd</b>
<b>Anhang 3</b>	<b>Überblick über den empfohlenen Projektablauf – von den Voraussetzungen über die Vorbereitungen bis zur Datenauswertung</b>
<b>Anhang 4</b>	<b>Kostenschätzung</b>



# Konzept BOKA Glarus Süd

Perimeter - Anhang 1

## Legende

### Bodenkartierung

-  bestehend
-  Priorität 1
-  Priorität 2

Datengrundlage:

- WMS Kanton Glarus
- Klimaeignungszonen
- Bodenkartierung Kt. GL

Plan-Nr.: 2018\_01  
Format: A3  
Massstab: 1:70'000

erstellt am: 07.01.2021  
durch: vö

Revidiert am: 04.10.2021  
durch: ho

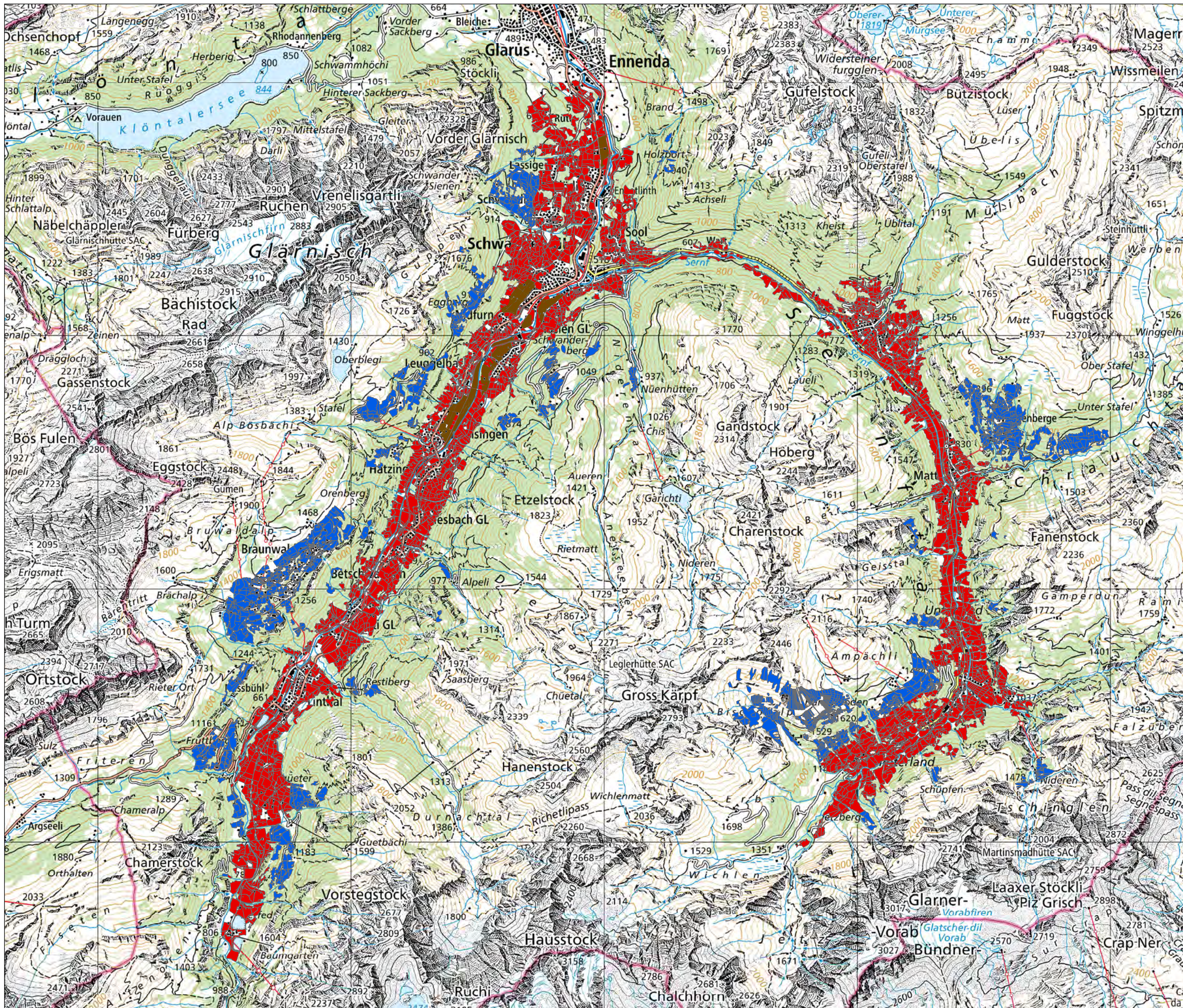
0 1 2  
Kilometer



myx GmbH  
Florastrasse 42  
8610 Uster

**myx** Bodenkologie  
Umweltberatung

T 043 399 03 80  
F 043 399 03 81  
info@myx.ch

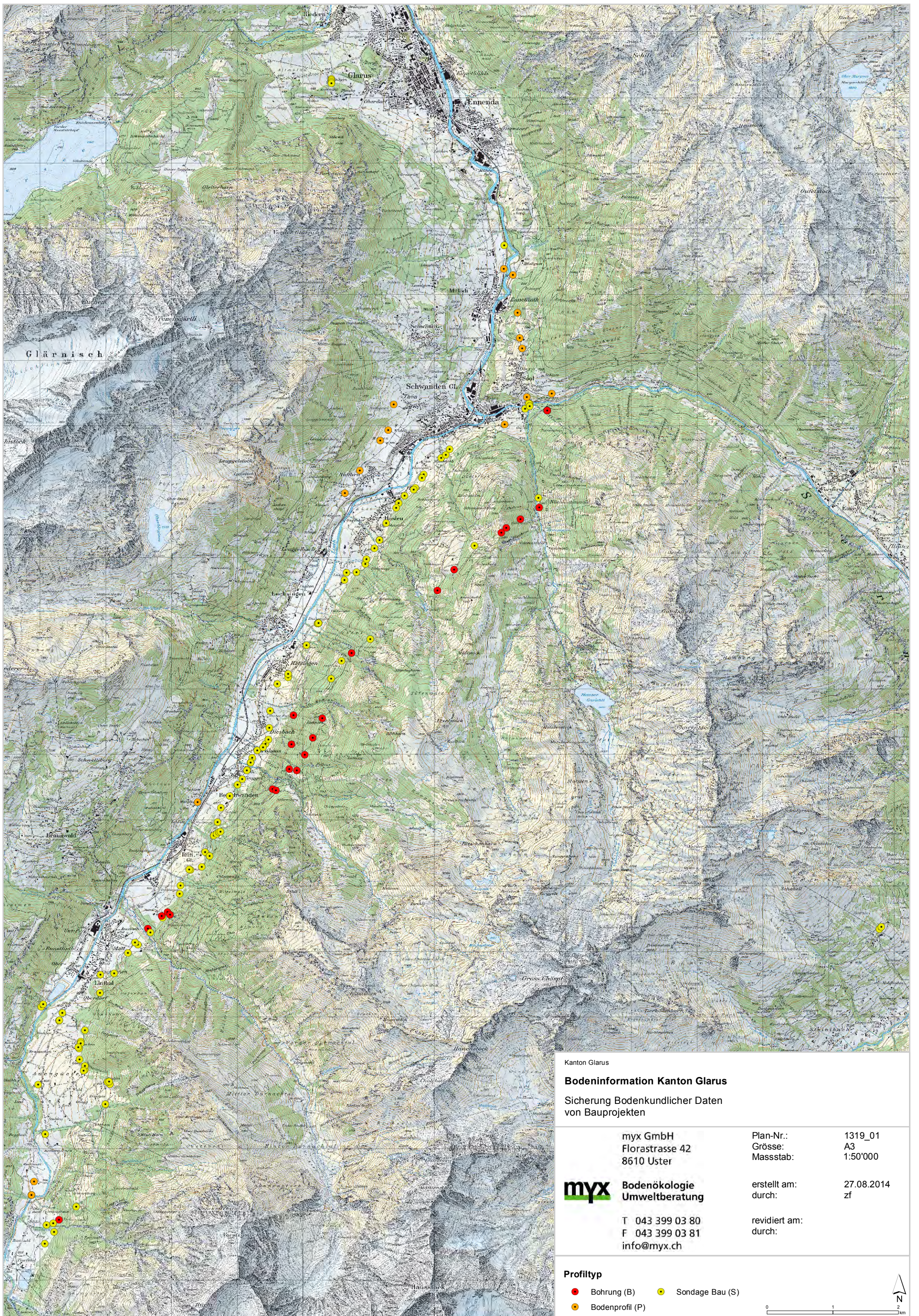




BISG: Konzept zur Komplettierung der Kantonalen Bodenkarte

Anhang

**Anhang 2      Punktdaten von Bodeneigenschaften in Glarus Süd**



Kanton Glarus

**Bodeninformation Kanton Glarus**

Sicherung Bodenkundlicher Daten  
von Bauprojekten

myx GmbH  
Florastrasse 42  
8610 Uster

Plan-Nr.: 1319\_01  
Grösse: A3  
Massstab: 1:50'000

**myx** Bodenökologie  
Umweltberatung

erstellt am: 27.08.2014  
durch: zf

T 043 399 03 80  
F 043 399 03 81  
info@myx.ch

revidiert am:  
durch:

**Profiltyp**

- Bohrung (B)
- Sondage Bau (S)
- Bodenprofil (P)



**Anhang 3**

**Überblick über den empfohlenen Projektablauf – von den Voraussetzungen  
über die Vorbereitungen bis zur Datenauswertung**

Projekt-Phasen	Schritte	Leistungen	Ziele	Zuständig	in Kostenschätzung enthalten
Vorarbeiten	Voraussetzungen	Bodeninformationen von weiteren Akteuren (NABO, NABODAT, HAFL, BEK200) sind aufgearbeitet	Die Bodeninformationen stehen im GIS zur Verfügung	Auftraggeberschaft	[Red]
		Projektperimeter im Detail festlegen und genau digitalisieren	klare räumliche Systemgrenze	Auftraggeberschaft	
		Unterstützung Bauernverband, Amt für Landwirtschaft, Raumplanungsamt, AFU gesichert	Akzeptanz der Arbeiten ist sichergestellt	Auftraggeberschaft	
	Grundlagen beschaffen bzw. erstellen	Projekthandbuch	Verbindliche Anleitung für die verschiedenen Leistungen inkl. Qualitätssicherung und Regelung der Schnittstellen.	Auftraggeberschaft	[Red]
		alle verfügbaren Bodendaten (Punkte, Polygone) beschaffen und digital, georeferenziert verfügbar machen. Beispiele: BEK200, NABO, NABODAT, HAFL	Rationell verwendbare Datenbasis	Auftraggeberschaft	
		Orthophotos	Basis für Feldpläne und für Bildverarbeitung	Auftraggeberschaft	
		Karte der drainierten Gebiete	Drainierte Gebiete sind bekannt	Auftraggeberschaft	
		aktuelles, hoch aufgelöstes DGM	Basis für das Konzept der Kartierarbeiten und ggf. Analogieschlüsse	Auftraggeberschaft	
		Übersichtsplan 1:5'000 georeferenziert	Basis für Feldpläne und für Bildverarbeitung	Auftraggeberschaft	
		Bewirtschafter-Karten georeferenziert inkl. E-Mail, Mobil-Nr.	Basis für Kontaktnahme	Auftraggeberschaft	
		Falschfarbenbilder georeferenziert (IR, NDVI ggf. weitere)	Basis für Bildverarbeitung und Konzept der Kartierarbeiten	Auftraggeberschaft	
		KBS	Erkennen und abgrenzen von veränderten Böden	Auftraggeberschaft	
		Kies/Rohstoffkarte	Erkennen und abgrenzen von veränderten Böden	Auftraggeberschaft	
		alte Landkarten; einzelne Elemente separat erfasst, extrahiert oder digitalisiert	Erkennen von alten Gebäuden, Strassen, Bächen, Wäldern, Gruben etc.	Auftraggeberschaft	
		alte Luftbilder	Erkennen von Auffälligkeiten wie Bauarbeiten, Kulturausfälle etc.)	Auftraggeberschaft	
		Geocover	sehr grobe Basis für das Konzept der Kartierarbeiten; inhaltlich essentieller Hinweis für Ausgangsmaterialien	Auftraggeberschaft	
		Geologischer Atlas	sehr grobe Basis für das Konzept der Kartierarbeiten; inhaltlich essentieller Hinweis für Ausgangsmaterialien	Auftraggeberschaft	
		Geologische Karte C. Schindler	sehr grobe Basis für das Konzept der Kartierarbeiten; inhaltlich essentieller Hinweis für Ausgangsmaterialien	Auftraggeberschaft	
		bewilligte Terrainveränderungen vektorisiert	Erkennen und abgrenzen von veränderten Böden	Auftraggeberschaft	
		Orientierungsveranstaltungen im ganzen Gebiet	Förderung der Akzeptanz der Feldarbeiten, Kennenlernen, Vertrauensbildung Sammeln von Informationen zu Terrainveränderungen	Auftraggeberschaft, Bauernverband, Abteilung Landwirtschaft, AFU	
Angaben zu Terrainveränderungen von Bewirtschaftern	Erkennen und abgrenzen von veränderten Böden	Auftraggeberschaft			
Perimeter verbindlich im Detail festgelegt (inkl. Flächen im Siedlungsgebiet, Gehölze, Waldränder etc.)	Vermeidung von Mehraufwand im Zuge der Digitalisierung der Bodenkarte	Auftraggeberschaft			
Grundlagenauswertung	Teilgebiets-spezifische Geländemodell-Auswertungen	Erkennen entscheidender Bodenbildungsfaktoren	Forschungs-Team	[Green]	
	Verschneidung Geländemodell-Auswertungen mit geologischen Grundlagen	Erkennen entscheidender Bodenbildungsfaktoren	Forschungs-Team		
	Bildung und Prüfung von Korrelationen zwischen Bodendaten (pH, Körnung, Skelett, OS-Gehalt etc.) und den identifizierten Bodenbildungsfaktoren	Erkennen wesentlicher Bodenbildungs-Zusammenhänge und Datenlücken	Kartier-Team		
	Luftbilddauswertung für Vegetations-Auffälligkeiten (inkl. Vektorisierung)	Erkennen von pflanzenökologisch relevanten Bodengrenzen	Forschungs-Team		
	Erstellung des konzeptionellen Überblicks über das Bearbeitungsgebiet	Konzept der Bodenbildung im Untersuchungsraum	Kartier-Team		
	Überlagerung Perimeter mit Terrainveränderungen, KBS, Kies-Rohstoffkarte	Identifikation und Abgrenzung von anthropogenen Böden	Kartier-Team		
	Übernahme Luftbilddauswertung für Vegetations-Auffälligkeiten	Identifikation von pflanzenbaulich auffälligen Flächen	Kartier-Team		
	Überlagerung Perimeter mit Drainagen etc.	Identifikation von Gebieten für besondere Beachtung des Wasserhaushalts	Kartier-Team		
	Prüfung Übereinstimmung Luftbilddauswertungen und teilgebiets-spezifischen Geländemodell-Auswertungen	Abgrenzung von a priori abgrenzbaren Polygonen	Kartier-Team		
	Provisorische Abgrenzung der Bodenpolygone auf Basis aller verfügbaren Information	Grundlage für Feldarbeit	Kartier-Team		
Vorprojekt	Durchführung Vorprojekt	Vorbereitungsarbeiten, Datenanalysen	Detaillierte Stratifizierung auf Basis aller verfügbaren Grundlagen	KOBO, Kartier-Team	[Green]
		Festlegung Bodenprofilstandorte	Standorte sollen möglichst repräsentative Ergebnisse für ihre Strati gewährleisten	Kartier-Team	
		Dokumentation Bodenprofile	Detaillierte Bodenprofildokumentation und Beprobung inkl. C-Horizont	Kartier-Team	
		Analytik	Die wichtigsten Pastameter sind bekannt (Feinerdekorngung, OS, pH, Kalkgehalt)	Forschungs-Team	
		Auswertung der Bodenprofildaten, Entwicklung Algorithmen, Definition des minimalen Bodendatensatzes	Es ist bekannt, wie und mit welchen Eingangsgrößen welche Parameter abgeleitet werden können, um die Feldarbeit zu minimieren	Kartier- und Forschungs-Team	
		Berichterstattung und Diskussion	Das Vorgehen ist dokumentiert und die Ergebnisse und Erkenntnisse sind dokumentiert und die Zuverlässigkeit der Algorithmen diskutiert	Kartier- und Forschungs-Team	
		<b>Meilenstein</b> Abschliessende Beurteilung, ob mit dem skizzierten Vorgehen weitergearbeitet werden soll	Definitiver methodischer Vorgehensentscheid	Auftraggeberschaft	
		Erstellen eines Handbuchs	Das Vorgehen für die Bodenkartierung Glarus Süd ist klar definiert, die Schnittstellen sind geklärt und die QS- und Kontrollinstrumente sind vorgegeben.	Kartier- und Forschungs-Team	
Überprüfung der Kostenschätzung	Budget und Anspruch stimmen überein	Kartier- und Forschungs-Team			
Pilotprojekt un Kartierung	Profilkampagne	Erkunden und festlegen der möglichen Profilstandorte	Die wichtigen Strati sind an mehreren möglichen Standorten dokumentierbar	Kartier-Team	[Green]
		Konzept zur Bodengenese auf Basis der Grundlagenauswertung und den Erkenntnissen der Erkundung	Die Bodenbildungsfaktoren und wiederkehrende Muster in den wichtigen Strati sind identifiziert und können anhand der Bodenprofile im Detail untersucht bzw. verifiziert und dokumentiert werden	Kartier-Team	
		Abklärung möglicher Leitungen	Keine Beschädigung von unterirdisch verlegten Leitungen	Auftraggeberschaft	
		Definitive Auslese der Profilstandorte; Einholen Erlaubnisse	Bestmögliche Auswahl der Standorte im Einvernehmen mit den Bewirtschaftern	Kartier-Team	
		Aushub, Beschreibung und Dokumentation Bodenprofile	Sicherung der bestmöglichen Bodeninformation an Eichpunkten	Kartier-Team	
	Erstellen Grundlage für die Feldarbeit	Analyse Körnung, OS-Gehalt, Kalk-Gehalt, pH-Wert	Sicherung der bestmöglichen Bodeninformation an Eichpunkten	Forschungs-Team	
		Bildung und Prüfung von Korrelationen zwischen Profildaten und den identifizierten Bodenbildungsfaktoren bzw. dem Konzept der Bodenbildung	Bereinigtes Konzept der Bodenbildung im Untersuchungsraum: Felddossier für die bodenkundliche Bearbeitung	Kartier-Team	
		Feldkarte erstellen	sehr gute Plangrundlage für die Feldarbeit	Kartier- und Forschungs-Team	
		Felddossier erstellen mit bereinigtem Konzept der Bodenbildung und allen Profilinformatoren	fachliche Grundlage für einheitliche und effiziente Feldarbeit	Kartier-Team	
		Feldarbeit inkl. Digitalisierung	Erhebung minimaler Bodendatensatz in mehreren Bohrungen pro Polygon	für jedes Polygon ist der minimale Datensatz an mehreren Punkten digital verfügbar	Kartier-Team
Bei Bedarf Modifizierung der Polygongrenzen	Stratifizierungen, welche nicht den Bodeneigenschaften entsprechen, sind korrigiert, Polygongrenzen entsprechen den effektiven Begebenheiten in der Natur		Kartier-Team		
Abschluss	Zeichenprüfung	Alle Symbole entsprechen dem im Datenmodell vorgesehenen Rahmen	Kartier-Team	[Green]	
	Syntaxprüfung	Die Daten sind widerspruchsfrei	Kartier-Team		
	Plausibilitätsprüfung	Die Daten sind im räumlichen Zusammenhang plausibel	Kartier-Team		
	Berichterstattung (Prozessdokumentation)	Der Bearbeitungsprozess ist für künftige Anwendungen dokumentiert	Kartier-Team		

**Anhang 4      Kostenschätzung**

Hinweis zu den Labor- bzw. Analytik-Kosten:

In den drei Phasen des Projektes sind die Laborkosten mit unterschiedlichen Tarifen berücksichtigt und mit einer jeweils unterschiedlichen Verteilung der Kosten. Mit diesen Differenzen haben wir folgenden Sachverhalten Rechnung getragen:

- Wegen des neuen methodischen Ansatzes sind viel Labordaten erforderlich. Es sollen 4 statt den üblichen 3 Proben pro Bodenprofil analysiert werden. Im Interesse des Kantons Glarus sind die praxisüblichen 3 Proben - und so budgetiert. Die vierte Probe ist im Interesse des wissenschaftlichen Erkenntnisgewinns und deshalb dem möglichen Forschungsbeitrag des Bundes zugerechnet.
- Im Vor- und Pilotprojekt sind alle Analysen sowohl im Labor als auch mit spektroskopischen Methoden vorgesehen. Weil von jeder Probe 2 Analysen vorgesehen sind, wurden einerseits die Einheitspreise verdoppelt und die Hälfte der Kosten dem Forschungsteam als Eigenleistung zugerechnet.
- In der Kartierungsphase (Hauptprojekt) muss nur noch ein Teil der Proben im Labor analysiert werden. Der Rest kann spektroskopisch untersucht werden. Deshalb haben wir sowohl den Tarif reduziert als auch den Kostenanteil des Kantons Glarus.

Die Kostenschätzungen basieren auf Annahmen - ausgehend von der aktuellen Praxis.

Vorprojekt	Stk. bzw. AT	Preis/Einheit (CHF)	Honorar (CHF)	Nebenkosten (CHF)	Total CHF	Total inkl. MwSt. (CHF)	Bemerkungen	Möglicher Kostenteiler				Eigenleistung Forschung (CHF)	Forschung Kartierteam / Beteiligung Bund (CHF)
								Anteil Forschung (Eigenleistung)	Anteil Forschung Kartierteam (Beteiligung Bund)	Anteil Kanton Glarus (Dienstleistung)	Kosten für Kanton Glarus (CHF)		
Vorbereitungsarbeiten, Datenanalysen	25	1'500	37'500		37'500	40'388		0.25	0	0.75	30'291	10'097	0
Probefahrungen inkl. Spektroskopie in Konzeptphase	100	100	10'000	1'000	11'000	11'847		0.5	0.5	0	0	5'924	5'924
Bodenprofile	30	1'000	30'000	13'500	43'500	46'850	Aushub: 350.-/Profil; Spesen 100.-/Profil	0	0	1	46'850	0	0
Profildiskussion, Entwicklung System zur Klassierung der Ausgangsmaterialien (Schlüssel für Algorithmen)	10	1'500	15'000	4'500	19'500	21'002		0.5	0.5	0	0	10'501	10'501
Auswertungen, Entwicklung Algorithmen	30	700	21'000		21'000	22'617		0.5	0.5	0	0	11'309	11'309
Berichterstattung, Methodenreflexion und Diskussion	25	1'500	37'500		37'500	40'388		0.25	0.75	0	0	10'097	30'291
Labor	30	1'000		30'000	30'000	32'310	CHF 500.- pro Profil für Referenzanalyse im Labor nötig (Anteil Kl. Glarus); Rest: Grobe Schätzung für spektroskopische Analytik	0.5	0.125	0.375	12'116	16'155	4'039
Handbuch Version 1	10	1'500	15'000		15'000	16'155		0.1	0.4	0.5	8'078	1'616	6'462
Standortbestimmung, Vorgehensentscheid mit Kanton GL, KOBO, Bundesstellen	4	1'500	6'000		6'000	6'462		0.5	0.3	0.2	1'292	3'231	1'939
Koordination, Administration 10%			13'000		13'000	14'001		0.1	0.7	0.2	2'800	1'400	9'801
<b>Total Vorstudie</b>			<b>185'000</b>	<b>49'000</b>	<b>234'000</b>	<b>252'018</b>					<b>101'426</b>	<b>70'328</b>	<b>80'263</b>
Anteil											40%	28%	32%

Pilotprojekt (4 x ca. 100 ha)	Stk. bzw. AT	Preis/Einheit (CHF)	Honorar (CHF)	Nebenkosten (CHF)	Total CHF	Total inkl. MwSt. (CHF)	Bemerkungen	Möglicher Kostenteiler				Eigenleistung Forschung (CHF)	Forschung Kartierteam / Beteiligung Bund (CHF)
								Anteil Forschung (Eigenleistung)	Anteil Forschung Kartierteam (Beteiligung Bund)	Anteil Kanton Glarus (Dienstleistung)	Kosten für Kanton Glarus (CHF)		
Vorbereitungsarbeiten, Datenanalysen	25	1'500	37'500		37'500	40'388		0.25	0	0.75	30'291	10'097	0
Bodenprofile	40	1'000	40'000	18'000	58'000	62'466	absichtlich mehr Profile weil Gebiete klein; Aushub: 350.-/Profil; Spesen 100.-/Profil	0	0	1	62'466	0	0
Auswertungen Bodenprofile, Weiterentwicklung Algorithmen	40	250	10'000		10'000	10'770		0.5	0.5	0	0	5'385	5'385
Erarbeitung Feldkarten und Kartierungshilfen	4	3'000	12'000		12'000	12'924		0.1	0	0.9	11'632	1'292	0
Kartierung	40	1'500	60'000	4'000	64'000	68'928	10 ha /AT gerechnet: vorsichtige Annahme wegen Gelände, Distanzen und Wetter, Einarbeitung	0	0	1	68'928	0	0
Digitalisierung	4	1'000	4'000		4'000	4'308		0	0	1	4'308	0	0
Prüfung Eingangsdaten	4	1'500	6'000		6'000	6'462		0	0	1	6'462	0	0
Datengenerierung	1	7'000	7'000		7'000	7'539		0.25	0.25	0.5	3'770	1'885	1'885
Plausibilitätsprüfung	4	1'000	4'000		4'000	4'308		0	0.5	0.5	2'154	0	2'154
Validierung in Stichproben	10	1'500	15'000	300	15'300	16'478		0.1	0.9	0	0	1'648	14'830
Berichterstattung, Methodenreflexion und Diskussion	30	1'500	45'000		45'000	48'465		0.5	0.4	0.1	4'847	24'233	19'386
Labor	40	1'000		40'000	40'000	43'080		0.5	0.125	0.375	16'155	21'540	5'385
Bereinigung Handbuch	5	1'500	7'500		7'500	8'078		0	0	1	8'078	0	0
Koordination, Administration 10%			19'000		19'000	20'463		0.1	0.1	0.8	16'370	2'046	2'046
<b>Total Pilotprojekt</b>			<b>267'000</b>	<b>62'300</b>	<b>329'300</b>	<b>354'656</b>					<b>235'459</b>	<b>68'126</b>	<b>51'071</b>
Anteil											66%	19%	14%

Kartierung	Stk. bzw. AT	Preis/Einheit (CHF)	Honorar (CHF)	Nebenkosten (CHF)	Total CHF	Total inkl. MwSt. (CHF)	Bemerkungen	Möglicher Kostenteiler				Eigenleistung Forschung (CHF)	Forschung Kartierteam / Beteiligung Bund (CHF)
								Anteil Forschung (Eigenleistung)	Anteil Forschung Kartierteam (Beteiligung Bund)	Anteil Kanton Glarus (Dienstleistung)	Kosten für Kanton Glarus (CHF)		
Vorbereitungsarbeiten, Datenanalysen	20	1'500	30'000		30'000	32'310		0.33	0	0.67	21'648	10'662	0
Bodenprofile	140	1'000	140'000	63'000	203'000	218'631	Aushub: 350.-/Profil; Spesen 100.-/Profil	0	0	1	218'631	0	0
Auswertungen Bodenprofile, Weiterentwicklung	140	150	21'000		21'000	22'617		0.5	0.5	0	0	11'309	11'309
Erarbeitung Feldkarten und Kartierungshilfen	10	1'500	15'000		15'000	16'155		0.1	0	0.9	14'540	1'616	0
Kartierung	225	1'500	337'500	22'500	360'000	387'720	12 ha /AT gerechnet: vorsichtige Annahme wegen Gelände, Distanzen und Wetter	0	0	1	387'720	0	0
Digitalisierung	15	1'000	15'000		15'000	16'155		0	0	1	16'155	0	0
Prüfung Eingangsdaten	15	1'400	21'000		21'000	22'617		0	0	1	22'617	0	0
Datengenerierung	8	1'400	11'200		11'200	12'062		0.25	0.25	0.5	6'031	3'016	3'016
Plausibilitätsprüfung	8	1'400	11'200		11'200	12'062		0	0.5	0.5	6'031	0	6'031
Validierung in Stichproben	15	1'500	22'500		22'500	24'233		0.1	0.9	0	0	2'423	21'809
Berichterstattung	30	1'500	45'000		45'000	48'465		0.5	0.35	0.15	7'270	24'233	16'963
Labor	140	500		70'000	70'000	75'390		0.6	0	0.4	30'156	45'234	0
Koordination, Administration 10%			65'000		65'000	70'005		0.1	0.1	0.8	56'004	7'001	7'001
<b>Total eff. Kartierung</b>			<b>734'400</b>	<b>155'500</b>	<b>889'900</b>	<b>958'422</b>					<b>786'802</b>	<b>105'492</b>	<b>66'128</b>
Anteil											82%	11%	7%

<b>Total CHF</b>	<b>3100</b>	<b>383</b>	<b>1'186'400</b>	<b>266'800</b>	<b>1'453'200</b>	<b>1'565'096</b>					<b>1'123'688</b>	<b>243'946</b>	<b>197'463</b>
<b>TOTAL CHF/ha</b>						<b>505</b>					<b>362</b>		
											72%	16%	13%